Untersuchungen

über das Verhältniß

von

Trockensubstanz und Mineralstoffen

im Baumkörper.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doctorwürde

der Hohen philosophischen Fakultät

der

Universität Rostock

vorgelegt

von

Hans Will

aus Groß-Herzogswalde in Preußen.

(1881)

Druck von Eduard Krause in Berlin.

Seinem Freunde

Dr. E. Ramann

gewidmet

vom Verfasser.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553624_0138

In den letzten Jahren sind mehrfach Untersuchungen veröffentlicht worden über den Mineralnährstoffgehalt einiger Baumarten. Dagegen fehlt es noch so gut wie völlig an Arbeiten, welche die Frage behandeln, wie sich zwei Baumindividuen derselben Art, aber unter verschiedenen Lebensbedingungen, physiologisch in Bezug auf die relative Vertheilung und den absoluten Gehalt ihrer Mineralstoffe verhalten. Um diese Frage wenigstens theilweise zu lösen, schien es geboten, eine Baumart zur Untersuchung zu wählen, welche an sich wenig Ansprüche in Bezug auf die Quantität ihrer Mineralstoffe an den Boden stellt. Der Gedanke liegt nahe, daß sich gerade bei einem solchen Baum die Unterschiede in dem absoluten Gehalt und der relativen Vertheilung der Aschensubstanzen um so schärfer hervorheben werden. Als das geeignetste Versuchsobject wählte ich mir unsere einheimische Kiefer (Pinus silvestris) aus, die ja an sich, als einer unserer verbreitetsten Waldbäume ein größeres Interesse beansprucht und die auch schon von anderer Seite, wenn auch vorwiegend nach einer anderen Richtung, untersucht worden ist. An die oben erwähnte Frage (1.) schließen sich ferner die beiden folgenden, welche ich mit in den Bereich meiner Untersuchungen gezogen habe, nämlich:

2) Welche Beziehung findet statt zwischen der Aufnahme der Mineralnährstoffe im Baumkörper und der Massenproduction an organischer Substanz?

3) Da diese Fragen auch von wesentlich praktischer Bedeutung sind, so schien es von Interesse, mit Hülfe der gefundenen Resultate, den auch schon von anderer Seite*) behandelten Fragen näher zu treten, welche sich auf die Berechnung erstrecken, welche Mineralstoffquantitäten dem Boden durch Kiefernutzung pro Jahr und Hektar entzogen werden.

Bezüglich der Frage (1) ist eine Arbeit von Schütze**) zu erwähnen, welche im Wesentlichen Analysen von Kiefernholz von verschiedenen Standorten enthält. Doch sind aus der Art, wie die ganze Untersuchung angeordnet ist,

*) Heyer., „Ueber die Aschenbestandtheile der Kiefer ꝛc." Annal. d. Chemie und Pharmacie 1852. Band 82. S. 180.

J. Schröder: „Forstchemische pflanzenphysiologische Untersuchungen". Heft I. a. a. O.

**) Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1876. Band VIII. Seite 371.

keine allgemeinen Schlüsse zu ziehen, obgleich die Arbeit viele werthvolle Angaben enthält. Eine ausführliche Untersuchung über die Mengen und die Vertheilung der Mineralstoffe der Kiefer hat E. Ramann angestellt, auf welche ich später zurückkomme.

Ich bin bei meinen Untersuchungen von zwei Kiefern ausgegangen, welche gleichalterig, aber unter sehr verschiedenen Verhältnissen aufgewachsen waren, indem die eine auf einem Boden sich entwickelt hatte, der forstlich als ein Kiefernboden fünfter Bonität bezeichnet wird und auf dem Kiefern nur gerade noch fortkommen können, während die zweite einem Boden erster Bonität entstammte, der die Bedingungen zum Gedeihen der Kiefern im reichlichsten Maße bietet. Die einzelnen Bäume wurden ausgerodet, um die Wurzeln mit in den Bereich meiner Untersuchungen ziehen zu können. Dem Stamme der Kiefer V (vom Boden fünfter Bonität) wurden für seine ganze Länge von Meter zu Meter Probescheiben entnommen. Bei demjenigen der Kiefer I (vom Boden erster Bonität) geschah diese Entnahme von Meter zu Meter nur bis zum Aufhören der Borkebildung, von da ab in der Entfernung von 2 Metern. Die Wurzeln, das Wurzelstück (nach Reinigung vom Sande) und die Meterstücke wurden im Walde, die Probescheiben im Laboratorium gewogen. Im Weiteren befolgte ich in Bezug auf das Sortiment der einzelnen Baumtheile die bekannte forstliche Unterscheidung in „Knüppelholz" (7—13 cm im Durchmesser) „Reiser I Classe" (Aeste von 3—7 cm Durchm.) „Reiser II Classe" (Aeste von 1—3 cm Durchm.), welche sämmtlich so sorgfältig, als die Verhältnisse es gestatteten, von einander getrennt und ebenfalls im Walde gewogen wurden. Auch alle kleinsten Zweige (unter 1 cm Durchm.) wurden (mit Nadeln) gewogen, im Laboratorium größere Mengen von den Nadeln befreit und durch nochmalige Wägung das Verhältniß der Nadeln zu den kleinsten Zweigen bestimmt und für den ganzen Baum berechnet. Auf ähnliche Weise bestimmte ich auch das Verhältniß der Rinde zu dem dazugehörigen Holz und berechnete es für den ganzen Baum.

Die Tabellen Nr. I und II geben Auskunft über das Verhältniß von Holz, Rinde, Borke, ferner von Wurzeln, Zweigen ꝛc. zu dem dazugehörigen Baumkörper. Soweit als sich die Bildung der Borke verfolgen ließ, trennte ich diese von der unter ihr liegenden Cambiumschicht noch besonders ab, bestimmte das Verhältniß Beider durch Wägung und untersuchte Beide getrennt für sich. Vom Aufhören der Borkenbildung bis zum Anfange des Knüppelholzes untersuchte ich an den Probescheiben die „Spiegelrinde" mit dem dazu gehörigen Cambium zusammen. Bei den Abschnitten von Meter zu Meter nahm ich in Bezug auf die Berechnung des Rindenprocentes und des Wassergehaltes des Holzes, so wie der Rinde, für die Meterstücke den mittleren Werth an, der sich für zwei benachbarte Probescheiben ergab. Bei den Schnitten von zwei zu zwei Metern wurde angenommen, daß je zwei einer Probescheibe benachbarte Meterstücke in ihrem Rindenprocent und Wassergehalt mit der Probescheibe übereinstimmen. Die specifische Gewichtsbestimmung der einzelnen Scheiben ꝛc. wurde unmittelbar

nach der Ankunft aus dem Walde und zwar mit Hülfe eines Xylometers von R. Hartig vorgenommen, welcher Apparat es gestattet, das verdrängte Wasser zu messen. Nachdem durch Abdunstenlassen an der Luft die Probescheiben ꝛc. ihr ursprüngliches Gewicht wieder erlangt hatten, wurde das Entrinden der einzelnen Theile vorgenommen und schließlich aus gewogenen Mengen von Holz, Rinde u. s. w. durch längeres Trocknen bei 110° C. der Wassergehalt bestimmt. Zur vollständigeren Lösung der angegebenen Fragen, die ich mir zur Beantwortung gestellt, hielt ich es für nöthig, für jeden Baum siebzehn Aschenanalysen auszuführen.

Die Tabellen Nr. III und IV enthalten die Resultate der Analysen der Rohaschen, aller derjenigen Baumorgane, welche für Kiefer I und Kiefer V zur Untersuchung gelangten.

In den Tabellen Nr. V und VI sind die Resultate auf „Reinasche" umgerechnet und zwar beziehen sich die Angaben auf 100 Theile der nach Elimination der Werthe von Kohlensäure, Kohle und Sand noch übrig bleibenden Rohaschentheile.

Die Tabellen VII und VIII geben an, wieviel Mineralstoffe in 1000 Theilen Trockensubstanz enthalten sind.

Die Einäscherungen geschahen in großen Platinschalen unter den nöthigen Vorsichtsmaßregeln. Zur Einäscherung gelangten gewogene Trockensubstanzen und die gewonnene Rohasche wurde nach beendigter Operation ebenfalls gewogen. Die Kohlensäure wurde in der Gesammtmenge der in Arbeit genommenen Asche und zwar durch Austreiben mit verdünnter Salpetersäure in einem Geißler'schen Apparate bestimmt. Die Flüssigkeit wurde sodann zur vollständigeren Abscheidung der Kieselsäure und behufs Austreibung der die Schwefelsäure- und Manganbestimmung störend beeinflussenden freien Salpetersäure unter Zusatz von Salzsäure zur Trockene verdampft und der Rückstand mit Salzsäure aufgenommen. Der auf einem bei 110° C. getrockneten und gewogenen Filter gesammelte Rückstand ergab nach abermaligem Trocknen und Wägen den Gehalt an Kohle + Kieselsäure + Sand, nach dem Glühen und Wägen den Gehalt an Kohle Nach dem Auskochen mit verdünnter Kalilauge in Platinschalen wurde durch Abfiltriren von der gelösten Kieselsäure der Gehalt an Sand bestimmt. Durch Abdampfen des Filtrates mit Salzsäure, Abfiltriren und durch Glühen und Wägen des Rückstandes wurde die Kieselsäure bestimmt.

Das durch Abfiltriren von Kohle, Sand und Kieselsäure erhaltene Filtrat wurde auf 200 ccm gebracht und je 50 ccm davon verwendet., um Schwefelsäure und Phosphorsäure, 50 ccm, um Eisenoxyd, Manganoxydul, Kalk und Magnesia, weitere 50 ccm, um in ihnen die Alkalien zu bestimmen. Die Schwefelsäure bestimmte ich nach der gewöhnlichen Methode durch Fällen der sauren Lösung mit Chlorbarium, längeres Auswaschen des schwefelsauren Barytes mit heißem Wasser, Glühen und Wägen. —

Die Phosphorsäure wurde durch einen großen Ueberschuß von Ammoniummolybdat, in Salpetersäure gelöst, ausgefällt, der Niederschlag mit einer Lösung von salpetersaurem Ammon, welchem etwas Molybdänlösung zugesetzt war, ausgewaschen, dann im Ammoniak gelöst und die Phosphorsäure durch allmähliches Zusetzen einer Lösung von Chlormagnesium, Salmiak und Ammoniak ausgefällt, der Niederschlag, nach dem Auswaschen mit ammoniakhaltigem Wasser, geglüht und die Phosphorsäure als pyrophosphorsaure Magnesia bestimmt.

Der dritte Theil des Filtrates wurde zuerst mit Ammoniak und dann mit Essigsäure übersättigt, der resultirende Niederschlag abfiltrirt, ausgewaschen und aus dem geglühten und gewogenen Producte von phosphorsaurem Eisenoxyd das Eisenoxyd berechnet.

Aus dem Filtrate schaffte ich sodann durch zugesetzte überschüssige Eisenchloridlösung, längeres Kochen und Auswaschen des Niederschlages mit heißem Wasser, alle Phosphorsäure fort. Das Filtrat wurde durch Versetzen mit kohlensaurem Natron beinahe neutralisirt, (nur schwach essigsauer belassen) und zur Abscheidung des Mangans als Mangansuperoxyd, Chlor hineingeleitet, während dieser Operation die Flüssigkeit mäßig heiß gehalten. Der abfiltrirte und gewaschene Niederschlag wurde in Salzsäure gelöst, mit kohlensaurem Natron wieder ausgefällt und nach dem Auswaschen und Glühen als Manganoxyduloxyd gewogen. In dem nach Fällung des Mangans erhaltenen Filtrate bestimmte ich den Kalk durch Fällen mit oxalsaurem Ammon, Kochen und Auswaschen des oxalsauren Kalkes und Verwandlung desselben durch längeres heftiges Glühen in Calciumoxyd. Die Magnesia wurde mit phosphorsaurem Natron aus der vom oxalsauren Kalk abfiltrirten Lösung als Ammoniummagnesiumphosphat abgeschieden und dieser Niederschlag im Weiteren genau so behandelt, wie schon bei der Phosphorsäure beschrieben worden ist.

Zur Bestimmung der Alkalien versetzte ich 50 ccm des oben erwähnten Filtrates successive mit einer Lösung von Ammon, kohlensaurem Ammon, oxalsaurem Ammon und phosphorsaurem Ammon, filtrirte nach mehrtägigem Stehenlassen ab, dampfte das Filtrat in Platingefäßen vorsichtig zur Trockne ein und verjagte durch gelindes Glühen die Ammoniaksalze. Der mit heißem Wasser aufgenommene Rückstand wurde zur Entfernung der Schwefelsäure und überschüssigen Phosphorsäure mit essigsaurem Blei versetzt (von dessen völliger Reinheit ich mich vorher überzeugt hatte), das gebildete phosphorsaure, so wie das etwa vorhandene schwefelsaure Blei abfiltrirt und das überschüssige Bleiacetat mit Ammon und kohlensaurem Ammon heiß ausgefällt. Es ist sehr wesentlich, das phosphorsaure Blei zuerst abzufiltriren, nicht die Fällung desselben zugleich mit der des überschüssig zugesetzten Bleiacetates durch Ammon und kohlensaures Ammon zu vereinigen, wie einige Lehrbücher angeben, weil sich das kohlensaure Ammon mit dem phosphorsauren Blei unter Umständen zu kohlensaurem Blei und phosphorsaurem Ammon umsetzt, wodurch man wieder Phosphorsäure in das Filtrat bekommt. Dieses wird mit Salzsäure versetzt

zur Trockne verdampft, durch schwaches Glühen die Ammoniaksalze verjagt, die zurückbleibenden Chlorkalien in Wasser gelöst, filtrirt, in einer gewogenen Platinschale abgedampft und hierdurch ihr Gewicht bestimmt. Die Trennung des Kalis vom Natron führte ich aus, durch Versetzen der Lösung mit Platinchlorid, Abdampfen (der Lösung) im Wasserbade zur Trockne, Abscheidung des Kaliumplatinchlorids mit ätherhaltigem Weingeist, Abfiltriren auf einem bei 110° getrockneten und gewogenen Filter. Das berechnete Chlorkalium im gefundenen Kaliumplatinchlorid ergiebt durch Subtraction vom Gewichte der Chloralkalien, das Chlornatrium.

Das Chlor in den Aschen bestimmte ich, in besonderer Portion, nur zu dem Zweck, die Aschenanalysen einheitlich und vollständig durchführen zu können. Bekanntlich geht nun aber stets, auch bei der vorsichtigsten Einäscherung, etwas Chlor verloren und darum habe ich noch nebenher durch Einäscherung der gepulverten, gewogenen und mit einer Lösung von kohlensaurem Natron imprägnirten Trockensubstanzen, Untersuchungsobjecte gewonnen, mit Hülfe welcher ich Controlbestimmungen des Chlors ausführen konnte. Leider habe ich dieselben nicht auf sämmtliche 34 Chlorbestimmungen ausdehnen können, sondern mußte mich mit 17 begnügen und zwar wurden dieselben für die Kiefer I (Bonität I) ausgeführt.

Die Chlorbestimmungen wurden, sowohl für diejenigen Aschen, welche in gewöhnlicher Weise gewonnen waren, als auch für diejenigen, welche ich unter Zusatz von kohlensaurem Natron erhalten hatte, in der Weise angestellt, daß die Aschen zuerst kalt mit salpetersäurehaltigem Wasser bis zur schwach sauren Reaction behandelt wurden. Die Lösung wurde filtrirt und nach Zusatz von Silbernitrat einige Minuten gekocht, der Niederschlag abfiltrirt, gut ausgewaschen, getrocknet und das Filter im gewogenen Porzellantiegel verbrannt. Der Rückstand wurde mit Salpetersäure im Tiegel vorsichtig erwärmt, Salzsäure zugesetzt, zur Trockne eingedampft und das Chlorsilber geschmolzen und gewogen.

Folgende kleine Tabelle (A.) giebt eine Uebersicht über das Verhältniß der Chlorbestimmungen, ohne und mit Zusatz von kohlensaurem Natron beim Einäschern:

Kiefer I.

In 1000 Theilen Trockensubstanz sind an Chlor enthalten:

	Ohne Na_2CO_3	Controlbest. mit Na_2CO_3
Kleine Wurzeln, Holz	0,014	0,265
„ „ Rinde	0,122	1,364
Größere Wurzeln, Holz	0,001	0,083
„ „ Rinde	0,192	0,533
Scheitholz	0,010	0,034
Borke	0,026	0,074
Cambium	0,085	0,234
Scheitrinde	0,048	0,146
Knüppelholz	0,002	0,020

	Ohne Na_2CO_3	Controlbest. mit Na_2CO_3
Knüppelrinde	0,037	0,156
Aeste 3—7 cm Holz	0,004	0,037
„ 3—7 cm Rinde	0,038	0,172
Aeste 1—3 cm Holz	0,011	0,043
„ 1—3 cm Rinde	0,025	0,137
Aeste unter 1 cm Holz	0,012	0,355
„ „ 1 cm Rinde	0,225	0,285
„ „ 1 cm Nadeln	0,227	0,295

Um endlich auch ein vergleichendes Urtheil zu haben, ob und inwieweit auch der Stickstoffgehalt der einzelnen Baumtheile, je nach den Lebensbedingungen, unter denen die betreffenden Bäume gestanden haben, variirt, resp. in welcher Weise er in ihnen vertheilt ist, habe ich ferner für die Baumtheile, deren Aschen zur Analyse gelangten, auch Stickstoffanalysen ausgeführt. Für die freundliche Unterstützung, welche Herr Ramann diesem Theil meiner Arbeit zuwandte und dadurch ermöglichte, daß die Stickstoffbestimmungen in dieser Vollständigkeit durchgeführt werden konnten, spreche ich ihm an dieser Stelle meinen Dank aus.

Die Bestimmungen geschahen nach der Will-Varrentrapp'schen Methode durch Verbrennen der Trockensubstanzen mit Natronkalk. Nach den mustergültigen Angaben J. Schröder's,*) ist diese Methode der Stickstoffbestimmung die zuverlässigste, bei dem relativ geringen Stickstoffgehalt der Baumtheile. — Die Trockensubstanzen wurden fein gepulvert, scharf getrocknet und in wohlverschließbaren Reagensgläsern bis zum Gebrauch aufbewahrt. Der Natronkalk wurde sorgfältig auf Ammoniakgehalt geprüft und rein befunden. Die Verbrennung geschah in einem Ofen, der für Gas eingerichtet war und jede Regulirung der Hitze erlaubte. Gegen das Ende der Operation und vor Beginn der eigentlichen Verbrennung wurde reines Wasserstoffgas durch die Verbrennungsröhre geleitet. Als Vorlage für die Fixirung des Ammoniaks diente verdünnte, zuvor ebenfalls auf Ammon geprüfte Salzsäure, welche nach beendeter Reaction filtrirt und mit Platinchlorid zur Trockene eingedampft wurde.

Nach dem Glühen des mit Aether-Weingeist abgeschiedenen und ausgewaschenen Ammoniumplatinchlorids wurde das erhaltene Platin gewogen und daraus der Stickstoff berechnet.

Gehen wir nunmehr über zu der Schilderung der Ergebnisse dieser Untersuchungen und betrachten zunächst das Verhalten der beiden Bäume, zu denen noch derjenige hinzukommt, welchen E. Ramann untersucht und einem Kiefernboden zweiter Bonität entnommen hat, in mehr äußerlicher Beziehung.

Die Arbeit von E. Ramann: „Beiträge zur Statistik des Waldbodens; I. die Kiefer;" ist mir durch die Güte des Herrn Verfassers bereitwilligst zur

*) Pflanzenphysiologische forstchemische Untersuchungen, Heft I Seite 75.

Verfügung gestellt worden; sie war mir indessen nur im Manuscript zugänglich, da sie demnächst in der Danckelmann'schen „Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen"*) veröffentlicht werden wird. Außerdem bin ich noch Herrn Oberforstmeister Dr. Danckelmann aus Eberswalde zu großem Danke verpflichtet für seine Güte und Bereitwilligkeit, mit der er mir sämmtliches Untersuchungsmaterial zur Verfügung stellte.

Da die von Ramann untersuchte Kiefer ebenfalls 100 Jahr alt war, so eignet sich die Untersuchung derselben ganz vorzüglich zur Vergleichung mit meinen Resultaten, indem wir nun die Baumproduction dreier Bodenarten, nämlich I., II. und V. Bonität studiren können. Der Kürze halber will ich diese drei Bäume in der Weise bezeichnen, daß ich unter Kiefer I diejenige verstehe, welche dem Boden I. Bonität, und ebenso mit Kiefer II und Kiefer V diejenigen im Sinne habe, welche den resp. Böden II. und V. Bonität entnommen sind. Bemerken muß ich überdies noch, daß die am weitesten auseinander stehenden Bäume, Kiefer I und Kiefer V, welche ich untersuchte, eingehender behandelt sind, indem ich bei den Analysen auch auf die größeren und kleineren Wurzeln Rücksicht nahm, deren Holz von den dazu gehörigen Rinden trennte und beide in 4 Analysen besonders untersuchte. Ferner ist die Trennung der Cambiumschicht**) von der Borke und diejenige der Rinde von dem Holz der kleinsten Zweige unter 1 cm Durchmesser auch nur bei meinen Untersuchungsobjecten ausgeführt worden. In Bezug auf diese 6 Analysen habe ich also an Kiefer II von E. Ramann keine Vergleichspunkte.

Betrachten wir zunächst die beiden Kiefern I und V äußerlich, in Bezug auf ihr allgemeines Verhalten. Die schwächsten Wurzeln haben naturgemäß ein höheres Rindenprocent als die stärkeren; der Wassergehalt des Holzes und der Rinde ist aber bei beiden Wurzelarten gleich und vertheilt sich auch auf Rinde und Holz gleichmäßig auf 50%. Die Wurzelstücke wurden nur gewogen, da eine Trennung von Holz und Rinde an der materiellen Schwierigkeit scheiterte, einen Schnitt zu erhalten, der wirklich den Durchschnitt repräsentirte. Alle Angaben, welche sich auf das Wurzelstück beziehen, sind durch Rechnung gefunden, wobei angenommen wurde, daß der Wassergehalt, das Rindenprocent und der Mineralstoffgehalt des Wurzelstockholzes in der Mitte stehen müsse zwischen demjenigen des Holzes der größeren Wurzeln und des Scheitholzes. Der Rindenkörper des Wurzelstückes, der sich auch im Aeußeren nicht von demjenigen der großen Wurzeln unterschied, wurde mit letzterem für gleich erachtet. Da die schwächsten Wurzeln nur theilweise gewonnen werden konnten, so sind dieselben nicht in die Berechnung der Gesammtmasse des Baumkörpers eingestellt und die Analysen des Holzes und der Rinde der kleinsten Wurzeln nur zur Feststellung der physiologischen Verhältnisse ausgeführt.

*) Inzwischen bereits veröffentlicht: d. Z. Augustheft 1881.

**) Der Kürze halber gilt der Ausdruck „Cambium" für die Bastschicht incl. derjenigen der darunter gelegenen Cambiumschicht.

In Bezug auf den Baumstamm war bei Kiefer V in die Augen fallend die große Höhe, bis zu der sich die Borkenbildung noch verfolgen ließ, nämlich bis zu 12 m bei einer Höhe des Stammes von noch nicht ganz 13 m, während Kiefer I bei einer Höhe des Stammes von nicht ganz 21,5 m die Borkenbildung schon bei 6,7 m aufhörte. Ein Blick in die Tabellen I und II zeigt im Einklange hiermit, daß das Rindenprocent im Verlauf des Stammes von Kiefer I von 16,38 % bis auf 3,08 % heruntergeht, um für die kleinsten Aeste naturgemäß wieder zu steigen, während Kiefer V bei einem Anfange von 20,84 % (trockenem Rindenprocent) nur auf 4,76 % heruntergeht, ehe die Steigerung beginnt. Der Wassergehalt des Holzes in den beiden Kiefern I und V verhält sich gerade entgegengesetzt zu demjenigen des zugehörigen Bodens, da Kiefer I auf einem frischen Boden mit 46,48 % von unten an beginnend, bei Meter XIII (der Tabelle I) ein Maximum von 50,1 % zeigt, um nach dem Knüppelholze und den kleinsten Aesten zu wieder zu fallen. Das plötzliche Fallen des Wassergehaltes zwischen Meter X und Meter XIII von 49,5 auf 37,25 % und das gleich wieder beginnende plötzliche Steigen auf 50,17 % ist durch Controlbestimmung erhärtet worden; der Grund entzieht sich bis jetzt noch der Betrachtung, Kiefer V zeigt, obgleich auf ziemlich trockenem Sandboden gewachsen, einen viel höheren Wassergehalt des Holzes, indem letzterer mit 55,09 % beginnend, im Knüppelholz ein Maximum von 58 % zeigt, um in den schwächeren Aesten wieder zu fallen. Hier fehlt die plötzliche Verminderung, wie bei Kiefer I. Der schneller steigende Wassergehalt der Rinde in Kiefer I erklärt sich leicht durch die bald aufhörende Borkebildung, welche ja, wie schon bemerkt, bei Kiefer V viel weiter sich verfolgen ließ und durch den geringen Wassergehalt der Borke (18—20 %). Das Cambium von Kiefer I war außerordentlich viel wasserreicher (zwischen 58 und 72 % schwankend), als dasjenige von Kiefer V (zwischen 40 und 46 % schwankend), wohl eine Folge des beginnenden Safttriebes, da Kiefer I Mitte Mai, Kiefer V Anfang April gefällt wurde.

In Folgendem ist die procentische Theilnahme der einzelnen Mineralstoffe an der Zusammensetzung der Reinasche als relativer Gehalt von dem absoluten Gehalt unterschieden, welcher sich auf 1000 Theile Trockensubstanz bezieht. Eine Bestätigung der bekannten Thatsache, daß der Rindenkörper aschenreicher ist, als der Holzkörper, bilden auch meine erhaltenen Zahlen. Der Aschenreichthum des Holzes fängt bei beiden Bäumen mit einem ersten Maximum im Wurzelholze an, erreicht im Scheitholz ein Minimum, um nach allmählicher Steigerung wieder ein zweites Maximum in den kleinsten Zweigen zu erreichen. Dagegen ist der absolute Gehalt bei Beiden ein sehr verschiedener. Kiefer I zeigt fast durchweg einen erheblich höheren Aschengehalt als Kiefer V. Der Rindenaschengehalt von Kiefer V ist nur in den kleineren Wurzeln höher und in den Aesten von 3—7 cm, sowie in den kleinsten Zweigen gleich demjenigen

von Kiefer I, sonst geringer, doch nicht in dem Maße, wie dies beim Holz der Fall ist. Die Nadeln enthalten bei Kiefer I weniger Reinasche als bei Kiefer V.

Der relative Kaligehalt ist auch hier bei beiden Bäumen, sowie bei allen bisher untersuchten Baumarten, am höchsten im Holze. Auch verhalten sich beide Bäume darin gleich, daß sie im Kaligehalt ein erstes Maximum im Wurzelholze, ein Minimum im Scheitholze und ein zweites Maximum in den kleinsten Zweigen und Nadeln zeigen.

Auch die Rinde verhält sich nicht wesentlich verschieden, indem bei Kiefer V der geringste Kaligehalt in der Scheitrinde, bei Kiefer I in der Knüppelrinde sich zeigt. Von der Rinde ist die eigentliche Borke zu unterscheiden, in der das Kali relativ und absolut den geringsten Procentsatz ausmacht. In Bezug auf den absoluten Gehalt in der Trockensubstanz des Holzes gilt für das Fallen von den Wurzeln nach dem Scheitholz und das wieder erfolgende Steigen nach Zweigen und Nadeln für beide Bäume, dasselbe wie für den relativen Gehalt. Die Unterschiede zeigen sich für Holz viel deutlicher, indem z. B. für Kiefer I das Scheitholz nur $^1/_3$ des Kaligehaltes von dem der kleinsten Wurzeln und die Hälfte von dem der stärkeren Wurzeln an Kali enthält, welche Steigerung sich in derselben Weise nach oben hin wiederholt. Aehnlich ist es bei der Rinde.

Das Cambium enthält sowohl bei Kiefer I als auch bei Kiefer V nach den Nadeln den absolut höchsten Reichthum an Kali, während der relative Gehalt gegen den des Holzes zurücktritt. Nachzutragen ist für das Cambium noch, daß es bei beiden Bäumen den höchsten Reinaschengehalt in der Trockensubstanz zeigt, daß er aber bei Kiefer I (im Verhältniß von 35,7 : 26,5) höher ist, als bei Kiefer V.

Der Hauptunterschied im Kaligehalt zwischen Kiefer V und Kiefer I ist der Mehrgehalt an Kali in Kiefer V. Derselbe zeigt sich am ausgesprochensten in der relativen Vertheilung des Kalis in der Reinasche, wo z. B. das Cambium und die Knüppelrinde von Kiefer I nur die Hälfte des Kaligehaltes gegenüber Cambium und Knüppelrinde von Kiefer V aufweisen.

Auch der absolute Gehalt ist, wenn auch nicht so auffällig, in Kiefer V höher als in Kiefer I. Eine Ausnahme hievon macht scheinbar die Scheitrinde, doch muß auch hier wieder hervorgehoben werden, daß die Durchschnittsrinde von Kiefer V fast durchweg einen Gehalt an Borke hatte, die ein Minimum an Kali repräsentirt, während die Durchschnittsrinde von Kiefer I reine Spiegelrinde war.

Von dem Natrongehalt beider Bäume verdient hervorgehoben zu werden, daß die relative Vertheilung und der absolute Gehalt in der Trockensubstanz bei Kiefer V sich unregelmäßig gestaltet, dagegen in Kiefer I sich eine deutliche Anhäufung des Natrons in den Wurzeln und jungen Trieben zeigt.

Sehr deutlich zeigt sich das Vorwiegen des Natrons in der Reinasche des Wurzelholzes, in dem in den kleinsten Wurzeln auf 20 % Kali 10 % Natron

und in den größeren auf 21% Kali 9,48% Natron kommen. In der Borke kommen Kali und Natron fast zu gleichen Theilen vor, was auf den reducirten Kaligehalt der Borke zurückzuführen ist. Das Cambium zeigt den absolut höchsten Natrongehalt bei beiden Bäumen.

Der Kalk zeigt in seinem Verhalten bei beiden Kiefern manches Gemeinsame, z. B. das Steigen des relativen Gehaltes in der Reinasche des Holzes bis zu den Aesten von 3—7 cm; ferner ist der Umstand, daß das Maximum des Kalkgehaltes in der Reinasche der Rinde bei Kiefer I auf die Knüppelrinde, bei Kiefer V auf die Scheitrinde fällt, von wo ab das Fallen nach oben zu beginnt, kein wesentlicher Unterschied. In der Trockensubstanz des Holzes steigt bei Kiefer I der Kalkgehalt durchweg, von der Wurzel bis nach den kleinsten Zweigen, bei Kiefer V ebenfalls.

In Bezug auf den absoluten Gehalt in der Rinde findet bei Kiefer I das Maximum des Steigens in der Knüppelrinde statt, um dann zu fallen, bei Kiefer V in der Rinde der Aeste von 3—7 cm Durchmesser. Es wäre somit auch hier, wie im Holz ein analoges Verhalten beider Bäume zu constatiren: ebenso hat auch die Borke relativ den größten Kalkgehalt.

Ein größerer Unterschied dagegen ist beim Cambium zu ersehen. Das Cambium von Kiefer I ist der kalkreichste Theil des ganzen Baumes, während dasjenige von Kiefer V relativ und absolut bedeutend dagegen zurückbleibt, (47,62 gegen 71% in der Reinasche und 12,64 gegen 25,74 Theile in der Trockensubstanz). Wir kommen damit zugleich zum Hauptunterschied beider Bäume, nämlich dem überaus hohen Kalkgehalt der Kiefer I, gegen welchen derjenige von Kiefer V zum Theil weit zurückbleibt, nur in der Rinde der kleinsten Zweige und in den Nadeln sich etwas ausgleicht. Auch Kiefer II von E. Ramann bleibt hierin gegen Kiefer I zurück, während sie sich sonst mit letzterer verglichen, ziemlich ähnlich verhält.

Der relative Gehalt an Magnesia schwankt bei Kiefer I zwischen 10 und 14% im Holze und zwar zeigt sich das Maximum von 14% im Knüppelholz, um dann allmählich nach oben abzunehmen. Kiefer V zeigt hingegen das Maximum von 12% in dem Holze der kleinsten Wurzeln, dann fällt der Gehalt bis zum Scheitholz, um im Knüppelholz, den Aesten von 3—7 und von 1—3 cm D. eine Steigerung von 3% gegen das Scheitholz zu erfahren, in den kleinsten Zweigen aber wieder abzunehmen. In der Trockensubstanz des Holzes zeigen sich bei beiden Kiefern analoge Verhältnisse: das Wurzelholz ist reicher als das Scheitholz an Magnesia, von da ab steigt der Gehalt derselben nach oben hin. Der relative Gehalt an Magnesia in der Rinde ist bei beiden Bäumen in der Wurzel größer, als in allen übrigen Rindentheilen. In Kiefer V erreicht die Knüppelrinde durch eine plötzliche Steigerung auf 8,36"„ (gegen 4,61"„ in der Scheitrinde) den Gehalt der Pfahlwurzelreinasche an Magnesia. Eine ähnliche plötzliche Steigerung ist aus dem Gehalt in der Trockensubstanz

zu ersehen, wo die Knüppelrinde mit 1,68 (in 1000 Th.) gegen 0,69 Theile der Scheitrinde figurirt. Eine ähnliche, wenn auch nicht so starke Steigerung findet sich bei Kiefer I in der Trockensubstanz, wo das Maximum in die Aeste von 3 bis 7 cm Dicke hinfällt. Da auch die von Ramann untersuchte Kiefer II dieses Verhalten zeigt, so möchte ich dasselbe als eine feststehende Thatsache für die Kiefer betrachten. — In den beiden Wurzelrinden zeigt der absolute Gehalt der Trockensubstanz von Kiefer V eine große Verschiedenheit (2,024 Theile in der Rinde schwächerer gegen 0,842 Theile in 1000 Theilen Trockensubstanz der größeren Wurzeln). Gerade umgekehrt verhält es sich mit Kiefer I (1,064 für Rinde kleinerer und 1,428 für Rinde größerer Wurzeln). Der Magnesiagehalt des Cambiums einerseits und der Nadeln andererseits ist ein gleicher und zwar gilt dies für Kiefer I und Kiefer V.

Im Allgemeinen zeigt auch Kiefer I einen höheren Magnesiagehalt in der Trockensubstanz, als Kiefer V.

Der hohe, relative und absolute Eisengehalt im Scheitholz und in der Rinde der kleinsten Zweige ist für alle drei untersuchten Kiefern hervorzuheben. Kiefer V hat noch einen hohen Eisengehalt in der Rinde der Aeste von 1—3 und von 3—7 cm Durchmesser.

Das Mangan ist in der auf schlechtem Boden gewachsenen Kiefer V ganz erheblich reichlicher vertreten, als in Kiefer I, eine Thatsache, auf die zuerst W. Schütze*) aufmerksam gemacht hat und die sich hier wiederholt. Im Allgemeinen ist bei beiden Kiefern das Wurzelholz manganreicher, als das Scheitholz, doch steigt der Mangangehalt des Holzes von da ab, trotz einiger Unregelmäßigkeiten, deutlich. Diese Unregelmäßigkeiten führe ich auf eine eigenthümliche Thatsache zurück, welche zuerst Ramann in seiner, eingangs erwähnten Arbeit anführt. Es fällt nämlich, sowohl bei seiner untersuchten Kiefer II, als bei den meinigen fast für alle Baumtheile, immer ein Maximum im Gehalte an Eisenoxyd mit einem Minimum von Manganoxyduloxyd zusammen und umgekehrt. Nur hin und wieder zeigen sich bei meinen Analysen einige Fälle, in denen Eisen und Mangan ungefähr in gleichen Verhältnissen vorkommen, dieselben sind aber verschwindend gegen die große Mehrzahl der anderen Fälle. Es scheint also für die Kiefer auch dieses Verhalten charakteristisch zu sein.

Bei der Phosphorsäure läßt sich an beiden Bäumen physiologisch ein gleiches Verhalten verfolgen. Es tritt nämlich vom Wurzelholz zum Scheitholz ein fast schroffes Fallen im absoluten Phosphorsäuregehalt ein; derselbe steigt sodann vom Scheitholz bis zu den Aesten von 1—3 cm Durchmesser sehr allmählich, um schließlich im Holz der kleinsten Zweige und in den Nadeln ebenso schroff sich wieder zu erheben, als er vorhin vom Wurzelholz zum Scheitholz gefallen war. Dasselbe ersieht man aus dem relativen Gehalt an

*) Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen. Band VIII. Heft III. Seite 377.

Phosphorsäure im Holz der beiden Bäume. Auch die Rinde nimmt an diesem Verhalten Theil, nur tritt das Fallen im Phosphorsäuregehalt von Wurzelrinde zu Scheitrinde nicht bei beiden Kiefern hervor, wohl aber das Steigen des relativen und absoluten Gehaltes in der Rinde der kleinsten Zweige.

Die Phosphorsäure zeigt somit ein ganz gleiches Verhalten wie das Kali. Auch für das Cambium kann in Bezug auf die Phosphorsäure dasselbe gelten, was dort vom Kali gesagt wurde, denn der absolute Gehalt des Cambiums an Phosphorsäure ist bei beiden Bäumen ein ziemlich hoher und nimmt die dritte Stelle ein, im Vergleich mit den übrigen Baumtheilen.

Die Nadeln beider Bäume enthalten die größten relativen und absoluten Phosphorsäuremengen. Nur in einer Beziehung, die ich aber physiologisch für die wichtigste halte, verhalten sich Phosphorsäure und Kali entgegengesetzt, nämlich in den relativen und absoluten Mengen, in denen sie in den Theilen beider Bäume vorhanden sind. Kiefer I enthält weniger Kali als Kiefer V, aber bedeutend mehr Phosphorsäure, als letztere. Kiefer II schließt sich, wie aus den Ramann'schen Zahlen ersichtlich ist, in Bezug auf den Phosphorsäuregehalt ziemlich an denjenigen von Kiefer I an.

Die Zahlen, welche sich auf die Steigerung bei den Aesten unter 1 cm beziehen, sind aber deshalb nicht ganz mit den meinigen zu vergleichen, weil dort nicht Holz von Rinde getrennt ist.

Schwefelsäure ist in beiden Bäumen reichlich vertreten, welche Thatsache für alle untersuchten Baumarten, die auf hiesigem Diluvialboden gewachsen sind, sich immer wiederholt. Kiefer V zeigt im relativen Schwefelsäuregehalt des Holzes nur ein Vorwiegen in den Wurzeln; von da ab nimmt der Gehalt nach den kleinsten Zweigen ab und zwar ist das Fallen von dem Knüppelholz zu den Aesten von 3—7 cm Durchmesser, ein ziemlich schroffes. Bei Kiefer I zeigt sich das plötzliche Fallen im Schwefelsäuregehalt vom Scheitholz nach dem Knüppelholz, und zwar ist das Verhältniß bei beiden Bäumen ein gleiches, nämlich 7,5 : 4,5 %. Die Rinde ist relativ ärmer an Schwefelsäure, als der zugehörige Holzkörper; Kiefer V macht nur für die Wurzelrinde hierin eine Ausnahme. Innerhalb des Rindenkörpers, vom Stamm bis zu den Zweigen ist der relative Gehalt an Schwefelsäure ein nur wenig von einander abweichender. Für den absoluten Schwefelsäuregehalt in der Trockensubstanz des Holzkörpers ergiebt sich für beide Kiefern ein stetiges Sinken von den Wurzeln nach den größeren Zweigen, resp. dem Knüppelholze zu und von da ab ein ebenso stetiges Steigen nach den kleinsten Zweigen. In Bezug auf die Rinde läßt sich bei beiden Bäumen ein periodisches Steigen und Fallen im Schwefelsäuregehalt sehr gut verfolgen. In der Rinde der schwächsten Wurzeln von Kiefer V zeigt sich ein erheblich größerer Gehalt an Schwefelsäure als in der Rinde der Pfahlwurzeln, was bei Kiefer I nicht hervortritt. Dagegen tritt das Steigen im Schwefelsäuregehalt, von der Knüppelrinde zu derjenigen der Aeste von 3—7 cm, das gleich darauf erfolgende Fallen zu der Rinde der Aeste von 1—3 cm und

das dann wieder erfolgende plötzliche und sehr starke Steigen nach der Rinde der kleinsten Zweige hin, für beide Bäume deutlich hervor.

Ein Vergleich zwischen dem absoluten Schwefelsäuregehalt beider Kiefern zeigt, daß die auf schlechtem Boden gewachsene Kiefer V einen erheblich höheren, relativen wie absoluten Schwefelsäuregehalt aufweist. Trotzdem ist es auffallend, daß der relative Schwefelsäuregehalt im Cambium von Kiefer V das 6fache, der absolute Gehalt in der Trockensubstanz das $4^1/_2$fache von demjenigen des Cambiums in Kiefer I ausmacht. Ich habe dieses Verhältniß durch eine Control-Schwefelsäurebestimmung bestätigt gefunden, da mir Anfangs dieser Umstand zu auffällig war. Das Cambium von Kiefer V würde also den schwefelsäurereichsten Baumtheil ausmachen, das Cambium von Kiefer I hierin von Wurzelrinde und der Rinde der kleinsten Zweige übertroffen werden. —

Eine Betrachtung über die Vertheilung des Chlors kann nur für Kiefer I angestellt werden, da, wie schon erwähnt, nur für diese Controlbestimmungen ausgeführt werden konnten, welche, wie bekannt, ergaben, daß durch das Einäschern ohne vorherigen Zusatz von kohlensaurer Natronlösung, erhebliche Quantitäten von Chlor verloren gehen können. Die Unterschiede sind schon oben in der kleinen Tabelle A aufgeführt. Diese Tabelle zeigt ferner, daß sich das Chlor in den Wurzeln, besonders in den kleinsten anhäuft, daß dann nach oben hin der Chlorgehalt stark fällt, um dann in den kleinsten Zweigen und den Nadeln plötzlich wieder anzusteigen. Ich erwähnte schon beim Natron, daß dasselbe sich hierin dem Chlor anschließt und wenn auch eine Umrechnung auf Chlornatrium nicht ganz befriedigende Resultate ergiebt, indem sich meist (mit Ausnahme der Rinde der kleinsten Wurzeln) ein Ueberschuß von Natrium zeigt, so möchte ich doch aus dem analogen Verhalten des Chlor- und des Natriumgehaltes schließen, daß das vorhandene Chlor vorwiegend an Natrium gebunden ist.

Die Kieselsäure zeigt relativ eine Anhäufung im Scheitholze und in den Nadeln und zwar gilt dieses Verhalten für beide Bäume, so wie auch der Umstand, daß der relativ geringste Gehalt der Kieselsäure sich in der Knüppelrinde befindet. Die Nadeln beider Kiefern stehen in ihrem absoluten Gehalt an Kieselsäure am höchsten. Kiefer V zeigt dagegen, relativ wie absolut, fast durchweg einen höheren Gehalt an Kieselsäure; am ausgesprochensten ist diese Thatsache bei dem Vergleich der beiden Scheitrinden ersichtlich, woselbst Kiefer V die zehnfache Menge an Kieselsäure in der Trockensubstanz von derjenigen in Kiefer I enthält. Um so auffälliger erscheint bei Kiefer V das plötzliche kolossale Sinken der Kieselsäuremenge von der Scheitrinde nach der Knüppelrinde und das nachherige ebenso plötzliche Steigen nach derjenigen der Aeste von 3 – 7 cm Durchm. Ein plötzliches, wenn auch nicht so auffallendes, Steigen des Kieselsäuregehaltes von Knüppelrinde zu der Rinde der Aeste von 3 – 7 cm Durchm. läßt Kiefer I erkennen und Kiefer II steht zwischen Beiden in der Mitte. Ferner zeigen alle 3 Bäume weiterhinauf in der Rinde der Aeste von 1—3 cm Durchm. wieder ein deutliches Sinken, Kiefer I und V darauf ein plötzliches Steigen des

Kieselsäuregehaltes nach der Rinde der kleinsten Zweige und nach den Nadeln hin. Berechnen wir die Betheiligung von Holz und Rinde an der Zusammensetzung der Reinasche und des Mineralstoffgehaltes in der Trockensubstanz, wie ich es für jeden Stoff ausgeführt habe, um zu wissen, wie sich das mit Rinde bedeckte Holz im Mineralstoffgehalt verhält (S. d. Tabellen Nr. V, VI, VII u. VIII), so können wir auch die Zahlen von Ramann und v. W. Schütze*) zum Vergleich heranziehen und finden die plötzliche Steigerung im Kieselsäuregehalt von den Aesten von 1—3 cm Durchm. zu denjenigen unter 1 cm Durchm. Dicke, sehr deutlich ausgesprochen. Schütze giebt diese Steigerung (bei den Zweigen einer Kiefer I. Bonität beobachtet) von 0,051 auf 0,342 vom Gehalte der Trockensubstanz an Kieselsäure an, was von der von mir angegebenen, von 0,127 auf 0,537 (Holz + Rinde berechnet) nicht erheblich abweicht.

Hieraus scheint es berechtigt, anzunehmen, daß das Verhalten der Kieselsäure in Bezug auf die relative Anhäufung im Scheitholz und in den Nadeln so wie in Bezug auf die starke Steigerung im Gehalt, von den mittleren nach den kleinsten Zweigen, für die Kiefer charakteristisch ist und zu den physiologischen Vorgängen in bestimmter Beziehung steht. Zum Schlusse dieses Theils der Abhandlung ist in umstehenden Tabellen angegeben, wie sich sämmtliche bisher abgehandelte Mineralstoffe in Bezug auf ihre Anhäufung und Vertheilung im Holzkörper, im Rindenkörper und in den Nadeln verhalten. Ein Vergleich beider Kiefern ergiebt, daß hierin keine wesentlichen Unterschiede bestehen. Dagegen findet die bekannte Thatsache ihre Bestätigung, daß die Nadeln, trotz des geringen Procentsatzes, den ihre Quantität im Verhältniß zum ganzen Baumkörper ergiebt, doch einen hohen Procentsatz des im ganzen Baume aufgehäuften Kaligehaltes, so wie des Phosphorsäuregehaltes, zeigen, und daß sich Aehnliches von dem Kalkgehalt des Rindenkörpers sagen läßt.

Kiefer I.

	Holz 89,27 % vom Trockengewicht des Baumes.	Rinde 8,90 % vom Gewichte des Baumes (trocken.)	Nadeln 1,80 % vom Trockengewicht des Baumes.
	Procentsatz von der im ganzen Baumkörper enthaltenen Mineralstoffmenge.		
K_2O	54,26 %	28,69 %	17,18 %
Na_2O	59,49 „	33,38 „	7,81 „
CaO	51,40 „	43,06 „	5,88 „
MgO	68,86 „	22,56 „	8,48 „
Fe_2O_3	56,90 „	32,69 „	9,80 „
Mn_3O_4	53,64 „	31,82 „	15,30 „
P_2O_5	36,09 „	35,18 „	18,80 „
SO_3	70,52 „	22,97 „	6,48 „
SiO_2	60,98 „	21,06 „	18,50 „
Cl.	55,47 „	36,32 „	7,78 „

*) Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, Band VIII. Heft III. Seite 376

Kiefer V.

	Holz 86,51 % vom Trockengewicht des Baumkörpers.	Rinde 11,53 % vom Trockengewicht des Baumkörpers.	Nadeln 2,12 % vom Trockengewicht des Baumkörpers.
	Procentsatz von der im ganzen Baumkörper vorhandenen Mineralstoffmenge.		
K_2O	51,42	28,20	20,03
Na_2O	46,48	42,85	9,26
CaO	41,27	51,00	6,79
MgO	58,65	28,85	12,80
Fe_2O_3	63,08	25,57	10,99
Mn_3O_4	60,31	32,03	8,19
P_2O_5	40,97	38,63	21,30
SO_3	52,24	37,31	10,40
SiO_2	57,84	23,83	18,40

Bezüglich des Stickstoffes hat es sich nach den eingehenden Untersuchungen J. Schröders*) bekanntlich ergeben, daß sämmtliche Holzsortimente mit abnehmendem Durchmesser regelmäßig fortschreitend bis zu den schwächsten Aesten eine stetige Zunahme des Stickstoffgehaltes zeigen. Die Ergebnisse der Stickstoffuntersuchungen der beiden Kiefern I und V, welche in den vorstehenden Tabellen aufgeführt sind, bestätigen diese von Schröder gefundenen Regelmäßigkeiten, da auch das Wurzelholz einen ähnlichen Stickstoffgehalt ergiebt, wie das Holz der kleineren Aeste.

1000 Theile Trockensubstanz enthalten an Stickstoff

	Kiefer I	Kiefer V
Kleine Wurzeln, Holz	5,03	3,5
„ „ Rinde	6,26	5,5
Größere Wurzeln, Holz	6,73	3,6
„ „ Rinde	6,54	5,68
Scheitholz	1,53	1,4
Borke	3,66	3,7
Cambium	8,30	6,5
Scheitrinde	6,01	4,2
Knüppelholz	1,99	1,7
Knüppelrinde	6,33	6,0
Aeste von 3—7 cm Holz	3,38	3,5
„ „ 3—7 cm Rinde	5,88	6,4
Aeste 1—3 cm Holz	2,85	3,4
„ 1—3 cm Rinde	7,16	8,1
Aeste unter 1 cm Holz	5,63	4,8
„ „ 1 cm Rinde	8,52	10,56
Nadeln	15,10	10,90
Gesammtgewicht des Stickstoffes . .	2323 g	1375 g

*) Forstchemische, pflanzenphysiologische Untersuchungen, Heft I., Seite 53. Dresden, Verlag von Schönfeld. 1878.

Der Stickstoffgehalt der Rinde bleibt im Allgemeinen von der Wurzel bis hinauf zu den Aesten von 3—7 cm ziemlich constant, dann steigt er bis zu der Rinde der kleinsten Zweige. Die Nadeln enthalten in beiden Bäumen die größten Stickstoffmengen in der Trockensubstanz. Vergleichen wir den Stickstoffgehalt beider Bäume unter einander, so sind die Unterschiede in den einzelnen Baumtheilen, in derselben Weise wie bei den Mineralstoffen, quantitativer Natur und zwar zeigt fast durchweg die auf besserem Boden gewachsene Kiefer I einen höheren Stickstoffgehalt, wie Kiefer V. Eine Ausnahme zeigt sich in den Aesten von 1—3 cm und namentlich in denjenigen unter 1 cm Durchm., woselbst das Holz von Kiefer V sich stickstoffreicher zu zeigen beginnt, an welcher Steigerung auch die Rinde theilnimmt und in derjenigen der kleinsten Zweige ein Maximum erreicht. Es liegt daher die Vermuthung nahe, daß in Folge des starken Saftriebes, welcher zur Zeit der Fällung in Kiefer I stattfand, ein Theil des Stickstoffes vom Knüppelholz nach den Nadeln hin aufwärts gewandert sei, da die Nadeln wieder einen um die Hälfte größeren Stickstoffgehalt aufweisen, als diejenigen von Kiefer V.

Als Resultat der vorstehenden Ausführungen ergiebt sich zunächst die Thatsache, daß wesentliche Unterschiede zwischen beiden Kiefern, hinsichtlich der relativen Vertheilung ihrer Mineralstoffe, so wie des Stickstoffes, nicht hervortreten, vielmehr zeigt letztere sowohl bei den beiden von mir untersuchten Bäumen, als auch bei demjenigen von Ramann eine ausgesprochene Gleichmäßigkeit, die somit, mit großer Wahrscheinlichkeit, als Gesetzmäßigkeit bezeichnet werden kann. Wo Unterschiede hervortraten, da waren sie quantitativer Natur und nach dieser Richtung zeigten sich häufig sehr große Abweichungen. Kiefer V hatte zweifellos eine genügende Menge von Kali zur Verfügung, doch steht das erhebliche Zurückbleiben, hinsichtlich ihres Gehaltes an den anderen 4 wichtigen Nährstoffen, Phosphorsäure, Kalk, Magnesia, ferner des Stickstoffes ganz gewiß im Zusammenhange mit der zurückbleibenden Production an organischer Substanz, gegenüber derjenigen von Kiefer I. Ferner ist noch für Kiefer V charakteristisch der Luxusconsum an Mineralstoffen, die schon in weit geringerer Menge zur Unterhaltung der Lebensvorgänge hinreichend gewesen wären, nämlich an Mangan, Eisen und Schwefelsäure, so wie die Aufhäufung von Kieselsäure. Kiefer I und Kiefer II zeigten große Uebereinstimmung, letztere war aber kalireicher und kalkärmer, so daß der durchweg größere Kalkgehalt der einem Boden I. Bonität entnommenen Kiefer als das Hauptunterscheidungsmerkmal zwischen Beiden angesehen werden muß. Bezüglich der Borke beider Bäume bestätigt sich die bekannte Thatsache, daß aus ihnen Kali, Magnesia und Phosphorsäure ausgewandert sind. E. Ramann hat aus seinen Zahlen noch ferner auf eine Auswanderung des Kalkes geschlossen und zwar wegen des viel geringeren, auf die Hälfte reducirten Kalkgehaltes in der Trockensubstanz der Borke, gegenüber demjenigen der Scheitrinde. Auch die von mir erhaltenen Zahlen bestätigen die Thatsache, aus welcher jener Schluß gezogen ist, da Kiefer V nur wenig mehr, als die Hälfte

der Kalkmenge enthält, welche die Scheitrinde zeigt, während dieses Verhältniß zu Ungunsten der Borke in Kiefer I noch viel deutlicher hervortritt, indem hier die Scheitrinde, mehr als das Doppelte an Kalk enthält, wie die Borke. In Bezug auf den relativen Kalkgehalt in der Reinasche nimmt die Borke die höchste Stelle ein.

Wenden wir uns nunmehr zur Untersuchung der Verhältnisse, in welchen sich die für den ganzen Baum berechneten Mineralstoffmengen zur gesammten Menge der producirten Trockensubstanz befinden. —

Die Tabellen Nr. IX und X enthalten die directen Gewichtsmengen der in beiden Bäumen aufgehäuften Mineralstoffmengen in Grammen ausgedrückt; außerdem ist neben jeder Gewichtsgröße der einzelnen Mineralstoffe für die untersuchten Organe des Baumes angeführt, in welchem Verhältniß die erwähnte Gewichtsgröße zu der ganzen Menge der im Baum enthaltenen Einzelstoffe steht. In der zweiten Columne ist das procentische Verhältniß angegeben in welchem das Trockengewicht jedes untersuchten Baumtheils zu dem Gesammt-Trockengewicht des zugehörigen Baumkörpers steht. Die Summirung der einzelnen Reinaschentheile läßt den schon oben angeführten Unterschied bei beiden Bäume hinsichtlich der aufgenommenen Einzelmineralstoffe sehr deutlich erkennen. Kiefer I hat beinahe das Doppelte an Kalk, ferner über die doppelte Menge an Phosphorsäure und Magnesia aufgenommen. Die relativ größere Aufnahme von Eisen, Mangan und Kieselsäure der Kiefer V ergiebt sich durch den Umstand, daß Kiefer V mit einem Trockengewicht von ca. 532 Kilo die von Kiefer I aufgenommenen Gewichtsmengen dieser Stoffe beinahe erreicht, obgleich das Trockengewicht von Kiefer I ca. 897 kg beträgt. Folgende kleine Tabelle ergiebt für die wichtigeren Mineralstoffe das Verhältniß, in dem sie zu der producirten Trockensubstanz stehen.

1,0 g	ist enthalten in Theilen Trockensubstanz von Kiefer I	ist enthalten in Theilen Trockensubstanz von Kiefer V
K_2O	1870	1455
CaO	468	504
MgO	2746	3346
P_2O_5	3287	4061
SO_3	3868	3644
Stickstoff . . .	385	387

Als das wichtigste Resultat dieser Arbeit muß nunmehr eine eigenthümliche Gleichmäßigkeit angeführt werden, welche sich trotz der Verschiedenheiten in der Aufnahme der einzelnen Mineralstoffmengen beider Kiefern dennoch sowohl bei Kiefer I als bei Kiefer V zeigt. Summirt man nämlich die Reinasche von Kiefer I = 3739 g und dividirt durch dieselbe das Trockengewicht des ganzen Baumes = 897 442 g, so erhält man als Quotient 240,0. Dieselbe Operation für Kiefer V ausgeführt ergiebt 247,7.

Diese Zahlen sind offenbar unabhängig vom Zufalle; um dies aber noch deutlicher darzuthun, wurden die resp. Holz und Rindenkörper, sowie die Nadeln der beiden Kiefern in derselben Weise mit einander verglichen, wie dies vorhin für die ganze Trockensubstanz je eines Baumes geschehen ist. Die Resultate sind in der folgenden kleinen Tabelle enthalten.

	Gewicht der Reinasche g	Trockengewicht g	Quotient
Rindenkörper von Kiefer V	893,8	61 176	67,1
Rindenkörper von Kiefer I	1328	80 223	60 4
Nadeln von Kiefer V	259,4	11 350	43,6
Nadeln von Kiefer I	359	16 971	47,1
Holzkörper von Kiefer V	999	457 786	457
Holzkörper von Kiefer I	2052	800 200	390
Gesammtmasse an Trockensubst. v. Kief. V.	2152	523 517	247,4
Gesammtmasse an Trockensubst. v. Kief. I.	3739	897 442	240,0

Die Gleichmäßigkeit, die sich für beide Bäume in dem Verhältniß des Gesammtgewichtes der einzelnen Baumorgane zu demjenigen der in ihnen enthaltenen Reinasche ergiebt, ist nicht zu verkennen, wenn auch die Zahlen nicht absolut mit einander übereinstimmen. Kiefer V hat also die wichtigeren Mineralstoffquantitäten, bezüglich welcher sie hinter Kiefer I zurückbleibt, durch größere Mengen von Eisenoxyd, Manganoxydul, Schwefelsäure und Kieselsäure ersetzt und dadurch das Verhältniß von Trockensubstanz zur Reinasche hergestellt.

Daraus würde hervorgehen, daß das Verhältniß von Trockensubstanz zu den aufgenommenen Mineralstoffen für die beiden unter verschiedenen Verhältnissen aufgewachsenen Kiefern ein gleiches ist, nur mit dem Unterschiede, daß in Kiefer I die für den Baumkörper werthvolleren vorwiegen.

In welcher Beziehung dieser Umstand zu der viel größeren Menge von Trockensubstanz steht, welche Kiefer I gegenüber Kiefer V, bei gleichem Alter mit dieser, auszeichnet, darüber kann aus diesen beiden untersuchten Verhältnissen noch nichts mit Sicherheit geschlossen werden: es müssen zu diesem Zweck eine größere Zahl derartiger Untersuchungen vorliegen.

Wir kommen zum letzten Theil dieser Arbeit, in welchem die gefundenen Resultate in Bezug auf den Gehalt der Trockensubstanz an Mineralstoffmengen dazu verwerthet werden sollen, die durchschnittlichen Quantitäten zu berechnen, welche einem Hektar Bodenfläche, je nach der Bonität, innerhalb eines Jahres, durch Kiefernnutzung entzogen werden. — Die erste hierauf bezügliche Arbeit, welche für die Kiefer ausgeführt ist, rührt von Heyer*) und Vonhausen her. Die im Baum enthaltene Aschenmenge wurde direkt durch Einäschern des ganzen Baumes gefunden, doch so, daß „Scheitholz, Reisholz und Prügelholz" getrennt von einander, in Bezug von Aschenanalysen, behandelt werden konnten. Heyer

*) Annal. der Chem. u. Pharm. 1852. Band 82, S. 186.

legte seiner Berechnung „eine Ertragstafel zu Grunde, in welcher die Haubarkeitsbeträge den directen Untersuchungen entnommen sind, welche zur Auswahl der eingeäscherten Modellstämme angestellt wurden.“ Die Zwischennutzungen sind nach Erfahrungen in Ansatz gebracht, welche man auf ähnlichen Lokalitäten sammelte, d. h. auf Basaltboden, dem seine Kiefer entnommen war. Weiter unten wird von der Heyer'schen Arbeit noch Notiz genommen werden. Eine zweite derartige Berechnung hat Ramann für die Kiefer angestellt; leider war mir dieser Theil seiner oben citirten Arbeit nicht mehr zugänglich. Da es mir nun darum zu thun war, neben den Fragen der Pflanzenphysiologie, deren Lösung meine Arbeit gewidmet war, auch Beiträge für die Statik des Waldbodens zu liefern, so lasse ich eine gleichartige Berechnung folgen: Zur Feststellung des Frischgewichtes eines Festmeters (fm) der betreffenden Baumorgane, welche untersucht wurden, ging ich von dem von mir selbst gefundenen specifischen Gewichte aus. Ich glaubte mich hierzu um so mehr berechtigt, weil der Wassergehalt der Bäume in den verschiedenen Jahreszeiten ein verschiedener ist und die ausgedehnten specifischen Gewichtsbestimmungen, welche in der Arbeit von R. Hartig und Bauer*) niedergelegt sind, sich sämmtlich auf Hölzer beziehen, welche im Herbst oder Winter gefällt waren. In der letzten Columne der Tabelle Nr. I und II sind die specifischen Gewichte sämmtlicher Proben, welche zur Untersuchung entnommen waren, aufgeführt und daraus die Mittel für den Stammkörper, die Reisigklassen und das Wurzelholz berechnet. Da ferner der Wassergehalt sämmtlicher Holzsortimente sammt den zugehörigen Rindenkörpern bekannt ist, so läßt sich aus diesen Daten leicht das Trockengewicht eines Festmeters Wurzelholz, Stammholz oder Reisig berechnen. Um nun das Gewicht der Mineralstoffmengen zu ermitteln, welche in einem Festmeter Trockensubstanz enthalten sind, wurden die Durchschnittsmengen berechnet, welche in tausend Theilen Trockensubstanz von Holz zusammen mit der dazu gehörigen Rinde enthalten sind. Bei dieser Berechnung wurde von den in den Tabellen Nr. I und II aufgeführten Rindenprocenten ausgegangen. Die betreffenden Zahlen (Holz und Rinde) finden sich in den Tabellen Nr. VII und VIII, welche sich auf den Gehalt an Mineralstoffen in der Trockensubstanz beziehen. Weiterhin wurden der Berechnung der Erträge, welche ein 100jähr. Bestand pro Jahr und Hectar, je nach der Bonität des Bodens liefert, die „Ertragstafeln für die Kiefer von W. Weise, Berlin 1880“, zu Grunde gelegt. Zugleich möchte ich hierbei darauf hinweisen, daß die Art der Ausführung einer derartigen Berechnung vorzugsweise theoretischer Natur ist und für die Praxis nur Näherungswerthe liefern kann.

Nach Weise**) ergiebt der Ertrag der Hauptnutzung für Bonität I bei 100jähr. Umtrieb 5,9 fm Derbholz und 0,5 fm Reisholz (pro Jahr und Hectar).

*) Bauer. Untersuchung über Festgehalt und Gewicht des Scheitholzes. — 1880.
R. Hartig. Das specifische Frisch- und Trockengewicht, der Wassergehalt und das Schwinden des Kiefernholzes. — 1874.

**) a. a. O. S. 86 u. 87.

Für Bonität V ist nur noch ein 90jähr. Umtrieb berücksichtigt, da hier erfahrungsgemäß der Zuwachs über das neunzigste Jahr ein außerordentlich geringer wird. Bonität V ergiebt 2,1 fm Derbholz und 0,5 fm Reisholz.

Nach Burckhardt*) kann man annehmen, daß sich für Bonität I das Derbholz aus 5 % Knüppelholz und 95 % Scheitholz zusammensetzt und daß das Wurzelstück 20 % vom Derbholz ausmacht, wogegen Bonität V unter denselben Umständen 80 % Scheitholz, 20 % Knüppelholz und 25 % des Derbholzes an Wurzelholz liefert. Hieraus berechnet sich für Bonität I ein jährlicher Ertrag von 5,6 fm Scheitholz, 0,3 fm Knüppelholz und 0,5 fm Reisig; für Bonität V 1,7 fm Scheitholz, 0,4 fm Knüppelholz, 0,5 fm Reisholz.

Bezüglich der Auseinanderhaltung der drei Reisigklassen und der Nadeln wurden für die beiden Bodenklassen die Zahlen benutzt, welche ich für die von mir untersuchten Bäume durch directe Wägung im Walde erhalten habe.

Hiernach setzt sich das Reisig für die Bonität I (Kiefer I) zusammen aus:

Reisig I (3—7 cm Durchm.) . . .	43,6 %
Reisig II (1—3 cm Durchm.) . . .	14,1 %
Reisig III (Aeste unter 1 cm) . . .	26,8 %
Nadeln	15,5 %

Für Bonität V aus:

Reisig I	36,8 %
Reisig II	36,8 %
Reisig III	15,0 %
Nadeln	11,4 %

Nun wurde zuerst mit Hülfe der oben erwähnten Berechnungen der Durchschnittsgehalte von trockenem Holz und Rinde an Mineralstoffen in 1000 Th. (S. Tabellen VII u. VIII) Trockensubstanz die Mengen berechnet, welche in einem Festmeter Reisig I., II. und III. Klasse, sowie der Nadeln enthalten sind, die Ergebnisse nach dem procentischen Verhältnisse, in welchem die einzelnen Reisigklassen an der Zusammensetzung des Gesammtreisigs theilnehmen, umgerechnet und dadurch der Mineralstoffgehalt in einem Festmeter Gesammt Reisholz erhalten. Die für Scheitholz, Knüppel-, Reis- und Stockholz gefundenen Reinaschentheile im Festmeter brauchten nunmehr nur noch mit den oben angegebenen Zahlen multiplicirt zu werden, welche sich auf die Erträge der Hauptnutzung pro Jahr und Hectar beziehen, um die durch letztere dem Boden entzogenen Mineralstoffquantitäten, in Grammen ausgedrückt, zu erhalten.

Neben der Hauptnutzung muß nun aber auch die Vornutzung berücksichtigt werden. Nach forstlichem Vorgange wurde der jährliche Ertrag der Vornutzung gleich der Hälfte der Hauptnutzung angenommen. Da nämlich in der forstlichen Literatur genügende Angaben über die Größe der Vornutzung nicht vorliegen, und sich ebensowenig Angaben finden, welche forstlichen Sortimente

*) Hilfstafeln, III. Abschn. Seite 114.

dabei gewonnen werden, so wurden auf folgendem Wege Zahlen erhalten, welche wenigstens annähernd der Wahrheit entsprechen mögen.

In den Weise'schen Tafeln ist das Verhältniß des Derbholzes zum Reisig bis zu 100 Jahren von 5 zu 5 Jahren angegeben.*)

Da die Vornutzung während des ganzen Umtriebes stattfindet, demnach die Zusammensetzung der forstlichen Sortimente mit den Jahren wechselt, so erlangt man am leichtesten eine annähernde Verhältnißzahl zwischen Derbholz und Reisig, wenn man die sämmtlichen für Beide angegebenen Zahlen addirt. Für die Unterscheidung von Scheit- und Knüppelholz wurden die Burckhardt'schen Angaben beibehalten.**)

Unter Zugrundelegung dieser Annahmen ergab sich für die Vornutzung pro Jahr und Hectar:

Für Bonität I

3,04 fm Scheitholz, 0,16 fm Knüppelholz, 0,65 fm Reisholz.

Für Bonität V

1,05 fm Scheitholz, 0,25 fm Knüppelholz, 0,75 fm Gesammtreisig.

Durch Multiplication dieser Zahlen mit denjenigen, welche sich auf die Mineralstoffmengen beziehen, welche in einem Festmeter eines jeden Holzsortimentes enthalten sind, erhält man die durch die Vornutzung dem Boden pro Jahr und Hectar entzogenen Mineralstoffquantitäten.

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Berechnung kurz aufgeführt.

Bonität I.

	Vornutzung	Hauptnutzung	Summa
K_2O . .	922 g	1 348 g	2 270 g
Na_2O . .	187 „	305 „	492 „
CaO . . .	4 064 „	6 636 „	10 700 „
MgO . .	621 „	1 013 „	1 634 „
Fe_2O_3 . .	234 „	382 „	616 „
Mn_3O_4 . .	240 „	377 „	617 „
P_2O_5 . .	541 „	758 „	1 299 „
SO_3 . . .	390 „	657 „	1 047 „
SiO_2 . .	335 „	785 „	820 „
Summa .	7 534 g	11 961 g	19 495 g

Bonität V.

	Vornutzung	Hauptnutzung	Summa
K_2O . .	865 g	748 g	1613 g
Na_2O . .	46 „	91 „	137 „
CaO . .	2341 „	2523 „	4864 „
MgO . .	276 „	335 „	611 „
Fe_2O_3 . .	217 „	249 „	466 „
Mn_3O_4 . .	204 „	244 „	448 „
P_2O_5 . .	269 „	493 „	762 „
SO_3 . . .	127 „	272 „	399 „
SiO_2 . .	180 „	343 „	523 „
Summa .	4525 g	5298 g	9823 g

*) a. a. O. S. 86 u. 102. — **) a. a. O.

Vergleichshalber führe ich die Zahlen an, welche Heyer*) bezüglich der Quantitäten angiebt, welche pro Jahr und Hectar einem Basaltboden durch Kiefernnutzung entzogen werden. Von seiner angegebenen Zahl 25 554 g muß indessen, um sie mit meinen Zahlen vergleichen zu können, noch der Kohlensäureentzug, den er mit in Rechnung gebracht hat, abgezogen werden. Derselbe beträgt nach ihm 4633 g und dann stimmt der auf diese Weise erhaltene Rest von 20 911 schon annähernd mit dem Resultat, welches ich für das Gesammtgewicht berechnete, das einem Kiefernboden I. Bonität pro Jahr und Hectar entzogen wird, nämlich 19 495 g.

Für Kiefernboden V. Bonität ergab sich unter denselben Verhältnissen, wie sie der Rechnung oben zu Grunde gelegt wurden, die Zahl von 9823 g pro Jahr und Hectar. Die Gesammtmenge an Stickstoff, welche einem Boden fünfter Bonität durch Kiefernnutzung entzogen wird, würde sich bei gleicher Berechnung, wie sie für die Mineralstoffmengen ausgeführt ist, zu 6403 g ergeben. Die Aufnahme an Stickstoff durch Kiefern aus einem Boden von der Bonität I berechnet sich dagegen zu 10 150 g pro Jahr und Hectar.

In Folgendem möchte ich die Resultate meiner Arbeit noch kurz zusammenfassen:

Die vergleichende Untersuchung über die Vertheilung der Mineralnährstoffe bei zwei gleichaltrigen Kiefern, von denen die eine auf einem Boden sich entwickelt hatte, auf dem sie nur gerade fortkommen konnte, während die andere unter günstigsten Verhältnissen aufgewachsen war, ergab Folgendes:

1) Beide Baumindividuen zeigten eine große Regelmäßigkeit in der *relativen* Vertheilung ihrer Mineralstoffe.

2) Unterschiede zeigten sich dagegen hinsichtlich der Menge der in den einzelnen Baumorganen enthaltenen Mineralstoffmengen, denen sich auch der Stickstoff anschließt.

3) Vergleicht man jedoch die gesammten im Baumkörper enthaltenen Reinaschenmengen mit der Trockensubstanz des Baumes, so ergiebt sich für beide Kiefern ein nahezu constantes Verhältniß, nämlich 1 : 240 für die unter günstigsten Verhältnissen aufgewachsene Kiefer I, und 1 : 247 für diejenige vom schlechtesten Kiefernboden.

4) Das Verhältniß der *ganzen Menge der einzelnen* Mineralstoffe zu der Trockensubstanz des ganzen Baumes ist dagegen ein verschiedenes, indem bei Kiefer I die für den Baumorganismus wichtigeren Aschenbestandtheile, Phosphorsäure, Magnesia und Kalk vorwiegen, während für Kiefer V dasselbe von der Schwefelsäure, der Kieselsäure, dem Eisen und Mangan gilt.

5) Bezüglich des Stickstoffes stimmen die Verhältnißzahlen der je von einem Baumkörper aufgenommenen Stickstoffmengen beinahe völlig überein (1 : 385 für Kiefer I und 1 : 387 für Kiefer V).

---

*) a. a. O. S. 187.

6) Eine Berechnung der Mineralstoffquantitäten, welche einem Hectar Bodenfläche innerhalb eines Jahres durch Kiefernholznutzung entzogen werden, ergiebt nach den Ausführungen der vorliegenden Arbeit, daß bei der Holzproduction einem Kiefernboden fünfter Bonität nahezu die Hälfte derjenigen Mineral- und Stickstoffmengen entzogen werden, welche ein Kiefernwald einem Boden I. Bonität, bei allerdings entsprechend höherer Holzproduction pro Jahr und Hectar entnimmt.

Nachtrag.

Zur besseren Veranschaulichung der procentischen Zusammensetzung der Reinasche, sowie der Vertheilung der Mineralstoffe in der Trockensubstanz sind diese Verhältnisse graphisch dargestellt. 1 mm entspricht 0,2 % der Reinasche, beziehentlich einem Gehalt von 0,1 Theil in 1000 Theilen Trockensubstanz. Zur Darstellung gelangten nur die wichtigeren Stoffe: Kali, Kalk, Magnesia, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure. In der Tafel über den Gehalt der Trockensubstanz sind noch Curven für den gesammten Reinaschengehalt sowie für den Gehalt an Stickstoff gegeben.

Tabelle I.

Kiefer I.

	Gesammtgewicht des frisch. Holzes u. der Rinde in kg	Holz frisch kg	Holz trocken kg	Rinde frisch kg	Rinde trocken kg	Borke frisch kg	Borke trocken kg	Cambium frisch kg	Cambium trocken kg	Rindenprocent frisch %	Rindenprocent trocken %	Cambiumproc. frisch %	Cambiumproc. trocken %	Wassergehalt des Gamb. in %	Wassergehalt des Holzes in %	Wassergehalt der Rinde in %	Gefundenes specifisches Gewicht.
Kleine Wurzeln	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30,3	30,94	—	—	—	50,70	49,20	0,777
Wurzeln	59,2	47,63	23,815	11,57	5,78	—	—	—	—	19,55	19,33	—	—	—	51,25	50,0	0,913
Wurzelstock	223	211	93,2	11,15	4,46	—	—	—	—	5	4,5	—	—	—	56,0	40,0	—
Scheibe I.	17,030	14,920	7,985	—	—	1,860	1,490	0,250	0,104	12,38	16,64	1,47	1,085	58,4	46,48	24,45	0,858
Meter I.	116,30	103,cm	57,128	—	—	11,392	7,741	1,809	0,731	11,36	14,75	1,55	1,091	59,58	44,59	25,63	—
Scheibe II.	9,250	8,275	4,742	—	—	0,805	0,641	0,152	0,0597	10,34	12,86	1,642	1,096	60,72	42,70	26,74	0,841
Meter II.	94,0	84,957	47,916	—	—	7,447	5,997	1,596	0,625	9,62	12,14	1,698	1,148	60,86	43,60	26,77	—
Scheibe III.	8,670	7,898	4,380	—	—	0,620	0,506	0,152	0,0593	8,9	11,42	1,753	1,200	61,00	44,50	26,81	0,837
Meter III.	89,5	82,15	45,12	—	—	5,791	4,886	1,559	0,577	8,21	10,78	1,742	1,452	63,03	54,06	25,67	—
Scheibe IV.	7,850	7,266	3,950	—	—	0,455	0,371	0,136	0,075	7,53	10,14	1,732	1,705	65,07	45,62	24,53	0,828
Meter IV	82,500	76,246	41,288	—	—	4,519	4,725	1,735	0,543	7,58	9,35	2,104	1,484	68,74	45,85	31,76	—
Scheibe V.	7,550	6,973	3,760	—	—	0,390	0,300	0,187	0,052	7,64	8,56	2,476	1,264	72,41	46,08	38,99	0,808
Meter V.	79,00	73,328	39,979	—	—	4,016	3,075	1,656	0,525	7,18	7,86	2,097	1,182	68,34	45,48	36,54	—
Scheibe VI.	6,520	6,124	3,376	—	—	0,284	0,221	0,112	0,040	6,73	7,17	1,718	1,100	64,28	44,88	34,09	0,826
Meter VI.	69,00	64,867	34,701	—	—	2,721	2,071	1,412	0,487	5,99	6,48	2,047	1,304	65,58	46,50	38,12	—
Scheibe VII.	6,350	6,015	3,120	—	—	0,183	0,142	0,151	0,050	5,26	5,79	2,377	1,509	66,88	48,13	42,15	0,825
Meter VII.	68,00	64,668	33,731	3,332	1,775	—	—	—	—	4,90	5,04	—	—	—	47,83	46,75	—
Scheibe VIII.	5,970	5,698	2,995	0,272	0,1345	—	—	—	—	4,55	4,298	—	—	—	47,43	50,35	0,815
Meter VIII.	62,300	59,466	31,262	2,834	1,408	—	—	—	—	4,55	4,30	—	—	—	47,43	50,35	—
Scheibe IX.	4,920	4,718	2,380	0,202	0,086	—	—	—	—	4,10	3,082	—	—	—	49,55	57,42	0,829
Meter IX.	57,600	55,239	27,868	2,361	1,006	—	—	—	—	4,10	3,08	—	—	—	49,55	57,42	—
Meter X.	54,900	52,649	26,532	2,251	0,959	—	—	—	—	4,10	3,08	—	—	—	49,55	57,42	—
Meter XI.	53,00	50,366	31,761	2,634	0,876	—	—	—	—	4,97	3,165	—	—	—	37,25	66,76	—
Scheibe X.	3,480	3,307	2,075	0,173	0,0675	—	—	—	—	4,97	3,165	—	—	—	37,25	66,76	0,813
Meter XII.	47,300	44,950	28,207	2,350	0,782	—	—	—	—	4,97	3,165	—	—	—	37,25	66,76	—
Meter XIII.	42,700	40,894	20,378	1,806	0,639	—	—	—	—	4,23	3,204	—	—	—	50,17	64,66	—
Scheibe XI.	3,140	3,007	1,420	0,133	0,047	—	—	—	—	4,23	3,204	—	—	—	50,17	64,66	0,826
Meter XIV.	39,00	37,351	18,612	1,649	0,583	—	—	—	—	4,23	3,204	—	—	—	50,17	64,66	—
Meter XV.	36,700	34,924	16,366	1,776	0,666	—	—	—	—	4,84	4,095	—	—	—	53,14	62,50	—
Scheibe XII.	2,810	2,674	1,253	0,136	0,052	—	—	—	—	4,84	4,095	—	—	—	53,14	62,50	0,819
Meter XVI.	34,800	33,116	15,519	1,684	0,632	—	—	—	—	4,84	4,095	—	—	—	53,14	62,50	—
Meter XVII.	30,900	29,210	12,895	1,690	0,628	—	—	—	—	5,47	4,943	—	—	—	55,89	62,85	—
Scheibe XIII.	2,560	2,420	1,000	1,140	0,052	—	—	—	—	5,47	4,943	—	—	—	55,89	62,85	0,860
Meter XVIII.	29,700	28,076	12,385	1,624	0,604	—	—	—	—	5,47	4,943	—	—	—	55,89	62,85	—
Meter XIX.	18,700	17,582	8,391	1,118	0,456	—	—	—	—	5,98	5,89	—	—	—	52,28	59,28	—
Scheibe XIV. (24cm h.)	4,300	3,835	1,820	0,280	0,114	—	—	—	—	6,5	5,89	—	—	—	52,28	59,28	0,936
Knüppelholz	40,500	37,741	17,547	2,761	1,438	—	—	—	—	6,81	7,10	—	—	—	53,50	47,91	0,966
Aeste v. 3—7cm Dm.	91,000	83,54	43,688	7,460	3,866	—	—	—	—	8,2	8,13	—	—	—	47,70	48,17	0,803
Aeste v. 1—3cm Dm.	32,500	26,420	12,207	6,080	3,240	—	—	—	—	18,70	29,13	—	—	—	53,79	46,87	0,811
Aeste unter 1cm Dm.	51,100	27,147	15,537	23,953	13,733	—	—	—	—	46,87	46,86	—	—	—	42,76	42,66	0,808
Nadeln	33,000	—	16,371		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	48,57		0,809

Tabelle II.

Kiefer V.

	Gesammtgewicht des frisch. Holzes u. der Rinde in kg	Holz frisch kg	Holz trocken kg	Rinde frisch kg	Rinde trocken kg	Borke frisch kg	Borke trocken kg	Cambium frisch kg	Cambium trocken kg	Rindenprocent frisch %	Rindenprocent trocken %	Cambiumproc. frisch %	Cambiumproc. trocken %	Wassergehalt des Camb. in %	Wassergehalt des Holzes in %	Wassergehalt der Rinde in %	Gefundenes specifisches Gewicht.
Schwächere Wurzeln	—	—	—	—	—	—	—	—	—	25,69	20,96	—	—	—	42,35	45,42	0,98
Wurzeln	30,7	23,337	9,561	7,363	4,191	—	—		—	23,65	30,47	—	—	—	59,03	43,08	
Wurzelstück	145,0	137,75	77,14	7,25	4,35	—	—	—	—	5,0	5,33	—	—	—	56	40	—
Scheibe I. (8,5 cm b.)	8,570	7,460	3,350	—	—	1,040	0,850	0,070	0,032	12,83	20,84	0,816	0,755	46,43	55,09	20,49	0,90
Meterstück I.	91,40	81,456	38,651	—	—	9,026	7,151	0,915	0,5210	10,88	18,20	1,005	0,835	43,21	52,55	22,85	—
Scheibe II. (5,5 cm b.)	4,15	3,690	1,845	—	—	0,404	0,320	0,050	0,0200	10,94	15,56	1,204	0,915	40,00	50,00	25,22	0,89
Meter II.	72,20	65,623	32,444	—	—	5,637	4,203	0,950	0,5700	9,11	13,84	1,316	1,018	38,3	50,56	27,39	—
Scheibe III. (5 cm)	3,50	3,195	1,550	—	—	0,255	0,195	0,050	0,0198	7,29	12,12	1,428	1,122	39,6	51,11	29,57	0,91
Meter III.	66,40	61,035	30,902	—	—	4,356	3,088	1,009	0,5960	8,08	11,61	1,521	1,243	40,99	49,37	31,28	—
Scheibe IV. (5 cm)	2,85	2,597	1,360	—	—	0,207	0,150	0,046	0,0195	8,88	11,11	1,614	1,364	42,39	47,63	33,00	0,91
Meter IV.	61,00	55,980	29,916	—	—	4,027	2,816	0,993	0,5740	8,23	10,15	1,628	1,231	42,19	46,56	32,50	—
Scheibe V. (5,5 cm)	3,295	3,045	1,660	—	—	0,200	0,150	0,050	0,0201	7,58	9,29	1,642	1,098	42,00	45,48	32,00	0,93
Meter V.	58,500	54,452	28,800	—	—	3,054	2,180	0,994	0,5800	6,92	9,19	1,700	1,227	41,65	47,11	31,81	—
Scheibe VI. (5 cm)	2,81	2,614	1,340	—	—	0,150	0,115	0,046	0,019	6,26	9,09	1,759	1,356	41,30	48,73	31,63	0,91
Meter VI.	56,70	52,958	25,033	3,742	2,443	—	—	—	—	6,60	9,39	—	—	—	52,73	34,71	—
Scheibe VII. (4,5 cm)	2,36	2,190	0,950	0,164	0,102	—	—	—	—	6,95	9,70	—	—	—	56,74	37,80	0,91
Meter VII.	50,20	46,827	20 618	3,374	2,102	—	—	—	—	6,72	9,24	—	—	—	55,97	37,68	—
Scheibe VIII. (6 cm)	2,60	2,431	1,090	0,169	0,1055	—	—	—	—	6,50	8,78	—	—	—	55,20	37,57	0,92
Meter VIII.	45,70	42,639	18,553	3,061	1,889	—	—	—	—	6,60	8,88	—	—	—	55,08	38,28	—
Scheibe IX. (7 cm)	2,475	2,309	1,040	0,166	0,1025	—	—	—	—	6,70	8,97	—	—	—	54,95	38,99	—
Meter IX.	38,500	26,213	16,231	2,687	0,915	—	—	—	—	6,32	8,78	—	—	—	55,18	36,50	0,92
Scheibe X. (6,4 cm)	2,170	2,041	0,910	0,129	0,085	—	—	—	—	5,94	8,54	—	—	—	55,41	34,11	—
Meter X.	35,600	33,520	15,025	2,080	1,270	—	—	—	—	5,71	7,61	—	—	—	54,88	38,86	0,97
Scheibe XI. (6 cm)	1,715	1,621	0,740	0,94	0,053	—	—	—	—	5,48	6,68	—	—	—	54,35	43,61	—
Meter XI.	27,00	25,413	11,406	1,587	0,745	—	—	—	—	5,68	5,72	—	—	—	55,12	53,05	0,97
Scheibe XII. (5,5 cm)	1,080	1,020	0,450	0,60	0,0225	—	—	—	—	5,88	4,76	—	—	—	55,88	62,50	—
Meter XII.	21,100	20,775	8,933	1,325	0,454	—	—	—	—	6,28	6,03	—	—	—	57,00	58,22	1,00
Knüppelholz	25,500	23,897	10,004	1,603	0,739	—	—	—	—	6,68	7,30	—	—	—	58,13	53,94	1,38
Aeste v. 3—7 cm Dm.	80,00	72,640	33 236	7,360	3,230	—	—	—	—	9,20	8,84	—	—	—	54,25	43,88	0,953
Aeste v. 1—3 cm Dm.	70,20	64,932	29,583	15,268	6,879	—	—	—	—	21,75	18,86	—	—	—	45,56	45,05	0,959
Aeste unter 1 cm Dm.	28 39	14,590	7,590	13,800	7,310	—	—	—	—	48,60	42,77	—	—	—	48,0	48,10	0,92
Nadeln	24,61	—	11,35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	46,13		0,92

Tabelle III.

Kiefer I. Rohasche.

	Kleine Wurzeln		Stärkere Wurzeln		Stamm				Knüppelholz		Aeste von 3 bis 7 cm Durchm.		Aeste von 1 bis 3 cm Durchm.		Aeste unter 1 cm		Nadeln
	Holz	Rinde	Holz	Rinde	Scheitholz	Borke	Cambium	Rinde	Holz	Rinde	Holz	Rinde	Holz	Rinde	Holz	Rinde	
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Kali (K_2O)	14,94	4,18	13,75	6,93	5,59	1,01	7,39	6,85	13,23	6,58	10,13	7,38	14,92	8,37	15,52	13,26	18,21
Natron (Na_2O)	7,52	2,28	6,11	3,34	1,27	0,81	1,89	1,52	0,96	1,25	1,81	2,17	1,21	1,72	4,10	2,21	1,88
Kalk (CaO)	20,12	25,83	22,09	23,16	25,54	50,35	53,35	46,80	39,75	54,50	43,13	50,00	36,94	47,76	34,65	34,93	25,16
Magnesia (MgO)	7,50	4,68	7,10	5,14	5,60	0,88	3,25	3,86	10,72	4,12	8,83	3,86	9,82	4,35	8,33	4,98	5,96
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	1,64	3,31	1,00	3,40	2,17	0,88	1,32	1,72	0,92	2,34	0,05	2,04	0,31	1,46	2,14	3,49	2,68
Manganoxyduloxyd (Mn_3O_4)	0,96	1,31	1,28	0,70	1,67	0,59	0,87	0,31	1,63	0,57	2,48	0,73	3,26	1,91	2,83	1,19	4,05
Phosphorsäure (P_2O_5)	9,05	3,63	6,09	4,63	2,54	1,86	4,12	5,03	5,87	4,39	3,50	5,57	6,03	5,36	12,00	7,88	11,45
Schwefelsäure (SO_3)	7,76	4,72	5,80	4,29	4,01	1,77	1,47	1,72	2,75	1,64	2,79	2,27	4,19	1,64	4,41	3,74	3,36
Chlor (Cl)	0,74	0,54	0,02	0,77	0,22	0,15	0,18	0,14	0,09	0,12	0,10	0,13	0,26	0,08	0,22	0,83	0,86
Kieselsäure (SiO_2)	2,48	2,63	1,20	1,59	2,93	1,48	0,27	0,27	0,78	0,40	0,68	1,41	0,51	0,69	0,60	4,77	6,45
Kohlensäure	7,44	11,48	10,95	10,55	14,17	32,68	25,99	29,10	21,37	22,58	25,23	22,53	22,71	25,83	13,04	15,28	14,58
Kohle	0,18	0,48	0,49	0,51	1,17	0,28	0,07	0,93	0,33	0,18	0,39	0,26	0,15	25,83	0,49	0,52	0,76
Sand	20,08	35,43	25,06	35,27	33,69	6,63	0,58	1,84	1,17	1,82	0,95	1,84	0,53	0,28	1,61	7,60	4,87
Summa	99,71	100,50	100,58	100,28	100,57	99,73	100,75	100,09	99,57	100,79	100,07	100,19	100,84	99,37	99,94	100,68	100,27

Tabelle IV.

Kiefer V. Rohasche.

Kali (K_2O)	14,16	10,90	17,35	5,54	8,31	1,97	13,62	5,08	15,76	12,89	12 16	7,61	15,53	8,31	16,54	13,62	23,00
Natron (Na_2O)	0,69	2,14	0,39	1,35	1,50	1,49	1,08	1,20	1,05	0,42	1,86	0,97	0,47	1,25	0,32	0,48	1,09
Kalk (CaO)	17,74	13,93	24,75	14,28	21,14	43,91	35,44	46,34	33,62	43,04	38,45	45,36	35,38	43,59	34,77	35,44	22,21
Magnesia (MgO)	7,18	6,75	7,46	2,84	4,16	1,12	4,94	3,20	8,27	6,28	8,07	3,15	7,40	3,56	6,92	4,94	6,04
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	1,34	3,75	2,05	0,54	4,26	0,56	3,63	0,65	1,76	3,86	1,95	3,55	0,59	3,09	2,14	3,63	3,57
Manganoxyduloxyd (Mn_3O_4)	2,57	0,17	5,71	2,70	3,19	2,40	0,62	2,44	4,24	0,14	4,75	2,83	4,63	4,85	4,26	0,62	2,83
Phosphorsäure (P_2O_5)	5,58	7,44	5,02	2,49	2,22	1,70	5,03	3,06	4,20	5,14	3,55	3,45	4,05	4,80	7,99	5,03	8,66
Schwefelsäure (SO_3)	7,30	7,11	5,50	2,24	4,00	2,64	8,77	2,78	5,56	2,90	3,60	2,27	3,67	2,27	3,90	8,77	4,70
Chlor (Cl)	0,18	0,54	0,36	0,13	0,20	0,08	0,10	0,21	0,05	0,19	0,07	0,13	0,28	0,22	0,14	0,10	0,14
Kieselsäure (SiO_2)	1,77	5,10	3,86	2,00	5,00	3,15	1,21	4,34	2,21	0,22	1,83	2,57	2,21	1,06	4,05	3,21	8,29
Kohlensäure	15,90	5,09	15,56	10,03	13,52	25,51	22,85	20,24	18,31	20,58	21,56	24,51	25,01	27,05	18,04	22,85	13,25
Kohle	0,59	0,72	0,85	0,81	0,35	1,19	0,24	0,34	0,15	0,35	0,27	0,17	0,71	0,07	0,21	0,24	3,31
Sand	25 49	35,52	11,36	54,34	32,53	14,11	2,01	10,59	4,12	3,75	2,65	4,43	0,92	0,87	1,37	1,01	0,40
Summa	100,49	99,16	100,22	99,71	100,38	99,83	99,84	100,47	99,30	99,76	100,50	101,00	100,85	100,99	100,65	99,94	100,31

Tabelle V.

Kiefer I. Reinasche.

	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Mangan-oxydoloxyd	Phosphor-säure	Schwefel-säure	Chlor	Kiesel-säure
Schwächere Wurzeln — Holz	20,75	10,44	27,95	10,42	2,27	1,33	12,59	10,77	1,03	3,44
Schwächere Wurzeln — Rinde	7,85	4,29	48,67	8,81	6,23	2,48	6,83	8,88	1,01	4,95
Schwächere Wurzeln — Holz und Rinde										
Stärkere Wurzeln — Holz	21,33	9,48	34,28	11,01	1,55	1,98	9,45	9,00	0,03	1,86
Stärkere Wurzeln — Rinde	13,030	6,19	42,93	9,52	6,30	1,29	8,58	7,95	1,45	2,94
Stärkere Wurzeln — Holz und Rinde	19,670	8,822	36,010	10,612	2,500	1,842	9,276	8,790	0,310	2,076
Stamm — Scheitholz	10,84	2,46	49,55	10,86	4,21	3,24	4,93	7,78	0,43	5,68
Stamm — Borke	1,68	1,34	83,72	1,46	1,46	1,58	3,09	2,94	0,25	2,46
Stamm — Cambium	9,97	2,55	71,98	4,38	1,78	1,17	5,56	1,98	0,24	0,36
Stamm — Rinde	10,04	2,22	68,60	5,66	2,52	0,45	7,37	2,52	0,20	0,40
Stamm — Holz und Rindenkörper	20,364	2,340	43,477	10,235	4,014	3,107	4,854	7,471	0,415	5,400
Knüppelholz 7—13 cm Durchm. — Holz	17,25	1,25	51,82	14,00	1,20	2,12	7,65	3,58	0,12	1,02
Knüppelholz 7—13 cm Durchm. — Rinde	8,63	1,64	71,51	5,80	3,07	0,74	5,76	2,15	0,15	0,52
Knüppelholz 7—13 cm Durchm. — Holz und Rinde	16,638	1,278	53,218	13,047	11,366	2,022	7,515	3,478	0,125	0,984
Aeste von 3—7 cm Durchm. — Holz	13,78	2,46	58,70	12,01	0,07	3,37	4,76	3,80	0,13	0,92
Aeste von 3—7 cm Durchm. — Rinde	9,77	2,87	66,17	5,11	2,70	0,96	7,37	3,00	0,17	1,86
Aeste von 3—7 cm Durchm. — Holz und Rinde	13,455	2,497	59,422	11,475	0,273	3,181	4,981	3,743	0,134	0,997
Aeste von 1—3 cm Durchm. — Holz	19,26	1,56	47,69	12,68	0,40	4,21	7,78	5,41	0,33	0,65
Aeste von 1—3 cm Durchm. — Rinde	11,42	2,34	65,19	5,93	1,99	2,60	7,31	2,23	0,10	0,94
Aeste von 1—3 cm Durchm. — Holz und Rinde	16,978	1,787	22,351	10,715	0,862	3,741	7,643	4,484	0,253	0,734
Aeste unter 1 cm Durchm. — Holz	18,30	4,83	40,86	9,82	2,52	3,34	14,15	5,20	0,26	0,70
Aeste unter 1 cm Durchm. — Rinde	17,16	2,86	45,20	6,44	4,51	1,54	10,20	4,84	1,07	6,17
Aeste unter 1 cm Durchm. — Holz und Rinde	17,765	3,906	23,815	5,234	3,453	2,495	12,296	5,031	0,640	3,265
Nadeln	22,83	2,43	31,42	7,44	3,34	5,07	14,30	4,19	1,07	8,05

Tabelle VI.

Kiefer V. Reinasche.

		Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Manganoxyduloxyd	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Chlor	Kieselsäure
Schwächere Wurzeln	Holz	24,20	1,17	30,32	12,27	2,29	4,39	9,53	12,47	0,31	3,02
	Rinde	18,84	3,70	24,08	11,67	6,48	0,29	12,86	12,29	0,93	8,81
	Holz und Rinde										
Stärkere Wurzeln	Holz	23,94	0,54	34,16	10,30	2,83	7,88	6,93	7,59	0,49	5,32
	Rinde	16,05	3,90	41,35	8,22	1,56	7,82	7,21	6,94	0,38	5,79
	Holz und Rinde	21,533	1,564	36,353	9,665	3,675	8,361	7,015	7,254	0,455	5,462
Stamm	Scheitholz	15,39	2,77	39,16	7,70	7,89	5,91	4,11	7,41	0,37	9,24
	Borke	3,34	2,52	74,40	1,89	0,95	4,06	2,88	4,47	0,13	5,33
	Cambium	18,29	1,45	47,62	6,63	4,87	0,83	6,75	11,78	0,13	1,62
	Rinde	7,33	1,73	66,87	4,61	0,93	3,52	4,42	4,01	0,30	6,27
	Holz und Rindenkörper	14,381	2,679	42,343	7,217	7,194	5,670	4,072	7,153	0,425	8,826
Knüppelholz 7—13 cm Durchm.	Holz	20,45	1,36	43,82	10,77	2,29	5,52	5,47	7,24	0,19	2,88
	Rinde	17,17	0,55	57,32	8,36	5,14	0,18	6,84	3,86	0,25	0,29
	Holz und Rinde	19,210	1,300	44,796	10,593	2,498	5,130	5,569	6,992	0,194	2,690
Aeste von 3—7 cm Durchm.	Holz	15,97	2,44	50,51	10,60	2,56	6,00	4,66	4,73	0,09	2,44
	Rinde	10,58	1,34	63,09	4,38	4,94	3,94	4,80	3,16	0,18	3,57
	Holz und Rinde	15,393	2,341	51,592	10,352	2,769	5,814	4,669	4,588	0,098	2,539
Aeste von 1—3 cm Durchm.	Holz	20,92	0,63	47,79	9,97	0,79	6,23	5,45	4,93	0,37	2,97
	Rinde	11,38	1,71	59,71	4,85	4,23	6,65	6,57	3,11	0,30	1,45
	Holz und Rinde	19,116	0,833	49,942	9,001	1,439	6,308	5,660	4,586	0,305	2,682
Aeste unter 1 cm Durchm.	Holz	20,41	0,39	42,91	8,54	2,64	5,25	9,86	4,81	0,17	5,00
	Rinde	17,83	0,63	46,73	6,51	4,78	0,82	6,63	11,56	0,13	4,23
	Holz und Rinde	19,305	0,492	44,539	7,670	17,146	3,354	8,476	7,698	0,152	1,838
Nadeln		28,56	1,35	27,58	7,50	4,43	3,51	10,75	5,83	0,17	10,29

Tabelle VII.

Kiefer I.

In 1000 Theilen Trockensubstanz sind enthalten:

		Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Mangan-oxyduloxyd	Phosphor-säure	Schwefel-säure	Chlor	Kiesel-säure	Gesammt-Reinasche
Schwächere Wurzeln	Holz	0,838	0,422	1,129	0,412	0,091	0,054	0,508	0,435	0,041	0,139	4,041
	Rinde	0,948	0,514	5,878	1,064	0,752	0,299	0,825	1,072	0,122	0,598	12,077
	Holz und Rinde											
Stärkere Wurzeln	Holz	0,670	0,297	1,076	0,345	0,048	0,062	0,297	0,283	0,001	0,058	3,140
	Rinde	1,954	0,928	6,440	1,428	0,945	0,193	1,288	1,192	0,217	0,441	15,000
	Holz und Rinde	0,933	0,422	2,149	0,561	0,227	0,435	0,494	0,564	0,051	0,134	—
Stamm	Scheitholz	0,262	0,059	1,197	0,262	0,102	0,078	0,129	0,188	0,010	0,137	2,417
	Borke	0,177	0,141	8,827	0,154	0,154	0,195	0,325	0,310	0,026	0,259	10,544
	Cambium	3,566	0,912	25,747	1,566	0,637	0,418	1,990	0,708	0,085	0,128	35,770
	Rinde	2,429	0,537	16,597	1,369	0,609	1,088	1,783	0,609	0,048	0,096	24,195
	Holz und Rindenkörper	0,318	0,076	2,005	0,285	0,117	0,101	0,179	0,204	0,003	0,150	—
Knüppelholz von 7—13 cm Durchm.	Holz	0,417	0,030	1,252	0,338	0,029	0,051	0,182	0,086	0,002	0,024	2,417
	Rinde	2,150	0,408	17,820	1,445	0,765	0,184	1,435	0,536	0,037	0,129	24,92
	Holz und Rinde	0,540	0,053	2,428	0,416	0,081	0,060	0,271	0,118	0,005	0,031	—
Aeste von 3—7 cm Durchm.	Holz	0,395	0,071	1,684	0,344	0,002	0,096	0,137	0,109	0,004	0,026	2,870
	Rinde	2,215	0,650	15,000	1,758	0,612	0,217	1,752	0,680	0,038	0,421	22,67
	Holz und Rinde	0,542	0,117	2,763	0,458	0,051	0,105	0,268	0,154	0,007	0,058	—
Aeste von 1—3 cm Durchm.	Holz	0,627	0,050	1,514	0,413	0,013	0,137	0,253	0,176	0,011	0,021	3,256
	Rinde	2,773	0,570	15,824	1,440	0,483	0,631	1,772	0,541	0,025	0,228	24,275
	Holz und Rinde	1,251	0,201	5,678	0,702	0,149	0,281	0,684	0,282	0,081	0,081	—
Aeste unter 1 cm Durchm.	Holz	0,834	0,220	1,865	0,449	0,115	0,153	0,646	0,240	0,012	0,032	4,566
	Rinde	3,612	0,602	9,513	1,355	0,950	0,324	2,147	1,019	0,225	1,299	21,046
	Holz und Rinde	2,137	0,399	5,451	0,873	0,506	0,233	1,350	0,605	0,111	0,626	—
Nadeln		4,854	0,517	6,680	1,582	0,710	1,080	3,040	0,891	0,227	1,711	21,260

Tabelle VIII.

Kiefer V.

In 1000 Theilen Trockensubstanz sind enthalten:

		Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Eisenoxyd	Mangan-oxydoloxyd	Phosphor-säure	Schwefel-säure	Chlor	Kiesel-säure	Gesammt-Reinasche
Kleinere Wurzeln	Holz	0,659	0,032	0,825	0,334	0,062	0,120	0,260	0,340	0,008	0,082	2,723
	Rinde	3,268	0,642	4,177	2,024	1,124	0,050	2,231	2,132	0,161	0,528	17,35
	Holz und Rinde											
Stärkere Wurzeln	Holz	0,646	0,014	0,923	0,280	0,076	0,213	0,190	0,202	0,013	0,144	2,702
	Rinde	1,644	0,400	4,236	0,842	0,160	0,801	0,738	0,665	0,039	0,600	10,244
	Holz und Rinde	0,950	0,024	1,933	0,451	0,103	0,392	0,357	0,343	0,021	0,283	—
Stamm	Scheitholz	0,347	0,062	0,883	0,174	0,178	0,133	0,093	0,167	0,008	0,208	2,256
	Borke	0,264	0,200	5,884	0,160	0,075	0,321	0,239	0,353	0,010	0,421	7,91
	Cambium	4,860	0,385	12,642	1,761	1,293	0,721	1,792	3,128	0,035	0,435	26,551
	Rinde	1,103	0,260	10,060	0,694	0,140	0,530	0,665	0,603	0,045	0,943	15,043
	Holz und Rindenkörper	0,405	0,080	1,559	0,203	0,179	0,157	0,135	0,219	0,009	0,246	—
Knüppelholz von 7—13 cm Durchm.	Holz	0,470	0,031	1,008	0,250	0,053	0,127	0,126	0,166	0,004	0,066	2,301
	Rinde	3,555	0,111	11,531	1,681	1,034	0,036	1,376	0,777	0,050	0,058	20,117
	Holz und Rinde	0,694	0,036	1,775	0,243	0,124	0,119	0,217	0,210	0,007	0,119	—
Aeste von 3—7 cm Durchm.	Holz	0,416	0,063	1,318	0,276	0,068	0,156	0,116	0,111	0,002	0,064	2,609
	Rinde	2,800	0,355	16,701	1,160	1,303	1,043	1,271	0,836	0,050	0,945	26,472
	Holz und Rinde	0,628	0,088	2,686	0,354	0,178	0,235	0,218	0,175	0,006	0,142	—
Aeste von 1—3 cm Durchm.	Holz	0,551	0,016	1,260	0,263	0,021	0,164	0,144	0,130	0,011	0,078	2,634
	Rinde	2,673	0,402	14,024	1,139	1,000	1,562	1,544	0,730	0,070	0,340	23,487
	Holz und Rinde	0,951	0,089	3,670	0,234	0,206	0,303	0,409	0,243	0,021	0,127	—
Aeste unter 1 cm Durchm.	Holz	1,124	0,022	2,363	0,470	0,145	0,290	0,543	0,265	0,009	0,275	5,507
	Rinde	3,745	0,132	9,817	1,402	1,004	0,172	1,393	2,429	0,027	0,888	21,008
	Holz und Rinde	2,246	0,068	5,553	0,860	0,512	0,239	0,906	0,190	0,015	0,537	-
Nadeln		6,567	0,310	6,342	1,724	1,019	0,807	2,472	1,340	0,039	2,366	22,994

Tabelle IX.

Kiefer I.

Die absoluten Gewichtsmengen der Mineralstoffe im Baumkörper und ihre Vertheilung in demselben.

	Verhältniß der Baumtheile zum Baumkörper in %	Kali		Natron		Kalk		Magnesia		Eisenoxyd		Mangan-oxyduloxyd		Phosphor-säure		Schwefel-säure		Kieselsäure		Chlor	
		g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
Wurzeln Holz	2,66	15,94	3,32	7,06	6,29	25,51	1,33	8,21	2,51	1,14	0,91	1,47	1,23	7,06	2,58	6,73	2,89	1,38	0,87	1,97	3,08
Wurzeln Rinde	0,64	11,29	2,34	5,36	4,78	37,22	1,39	8,25	2,53	5,46	4,36	1,11	0,93	7,44	2,71	6,89	2,96	2,55	1,62	3,08	4,81
Wurzelstück Holz	10,40	43,43	9,05	16,59	15,10	105,94	5,52	28,24	8,66	6,99	5,59	6,52	5,48	19,85	7,27	21,90	9,44	9,13	5,82	5,40	8,44
Wurzelstück Rinde	0,49	8,71	1,81	4,14	3,69	28,72	1,49	6,37	1,95	4,21	3,36	8,61	7,23	5,74	2,10	5,31	2,28	1,96	1,24	2,37	3,71
Stamm Scheitholz	66,30	155,63	32,50	35,04	31,30	711,02	37,10	155,63	47,60	60,59	48,40	46,33	38,93	76,62	28,10	111,67	48,14	81,38	52,83	20,19	31,50
Stamm Borke	3,58	5,68	1,18	4,53	4,04	283,34	14,70	4,94	1,51	4,94	3,95	6,26	5,26	10,43	3,82	9,95	4,28	8,31	5,29	2,37	3,71
Stamm Cambium	0,43	13,91	2,89	3,58	3,19	10,12	1,53	6,15	1,88	2,50	1,99	1,64	1,37	7,82	2,86	2,78	1,19	0,50	0,31	9,17	14,30
Stamm Rinde	1,29	28,17	5,87	6,64	5,92	192,52	10,10	15,88	4,87	7,06	4,64	12,62	10,65	20,68	7,57	7,06	3,04	1,11	0,69	1,68	2,62
Knüppelholz Holz	1,95	7,30	1,52	0,52	0,46	21,90	1,15	5,91	1,81	0,50	0,39	0,89	0,74	3,18	1,16	15,05	5,49	0,42	0,26	0,35	0,54
Knüppelholz Rinde	0,15	3,09	0,64	0,58	0,51	25,66	1,33	2,08	0,63	1,10	0,87	0,26	0,22	2,06	0,75	0,77	0,33	0,18	0,11	0,22	0,35
Aeste von 3—7 cm D. Holz	4,87	17,26	3,59	3,10	2,76	73,59	3,83	15,03	4,61	0,08	0,07	4,19	3,52	5,98	2,19	4,76	2,05	1,13	0,72	1,61	2,51
Aeste von 3—7 cm D. Rinde	0,43	8,55	1,78	2,51	2,24	57,90	4,06	6,79	2,08	2,36	1,88	0,84	0,71	6,76	2,47	2,62	1,12	1,62	1,04	0,36	0,56
Aeste von 1—3 cm D. Holz	1,36	7,65	1,59	0,61	0,54	18,47	0,96	5,04	1,54	0,16	0,12	1,67	1,39	3,09	1,12	2,14	0,92	0,25	0,16	0,52	0,81
Aeste von 1—3 cm D. Rinde	0,36	8,98	1,87	1,84	1,65	51,27	2,67	4,66	1,42	1,56	1,24	2,04	1,72	5,74	2,10	1,75	0,75	0,74	0,47	0,34	0,53
Aeste unter 1 cm Holz	1,73	12,93	2,69	3,41	3,04	28,90	1,51	6,96	2,13	1,78	1,42	2,37	1,99	10,01	3,67	3,72	1,59	0,50	0,32	5,50	8,59
Aeste unter 1 cm Rinde	1,53	49,48	10,31	8,25	7,36	130,33	6,79	18,56	5,69	13,01	10,40	4,44	3,73	29,41	10,80	13,96	6,02	17,79	11,50	3,90	6,09
Nadeln	1,89	82,03	17,18	8,74	7,81	112,90	5,88	27,63	8,48	12,00	9,80	18,25	15,30	51,37	18,80	15,04	6,48	28,91	18,50	4,98	7,78
Summa		480,03		112,50		1915,30		326,33		125,44		119,51		273,24		232,10		157,86			

Kiefer V.

Tabelle X. Die absoluten Gewichtsmengen der Mineralstoffe im Baumkörper und ihre Vertheilung in demselben.

	Verhältniß der Baumtheile zum Baumkörper in %	Kali		Natron		Kalk		Magnesia		Eisenoxyd		Mangan-oxyduloxyd		Phosphor-säure		Schwefel-säure		Kieselsäure	
		g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
Wurzeln Holz	1,97	6,18	1,63	0,13	0,33	8,82	0,83	2,67	1,67	0,72	0,67	2,03	1,82	1,81	1,38	1,93	1,25	1,37	0,95
Wurzeln Rinde	0,78	6,87	1,87	1,67	4,38	17,74	1,68	3,53	2,22	0,67	0,62	3,35	3,01	3,09	2,35	2,78	1,81	2,51	1,73
Wurzelstuct Holz	14,47	38,32	10,10	3,08	8,08	70,43	6,67	17,20	10,80	10,26	9,58	12,80	11,53	11,34	8,65	14,35	9,31	14,65	10,10
Wurzelstuct Rinde	0,81	7,13	1,94	1,71	4,56	18,42	1,74	3,66	2,29	0,69	0,64	3,48	3,31	3,21	2,45	2,89	1,88	0,26	0,18
Stamm Scheitholz	55,00	101,63	27,59	11,96	30,13	258,72	23,57	50,98	31,91	52,15	48,70	38,97	35,13	27,25	20,80	48,93	31,80	60,94	41,90
Stamm Borke	3,98	5,60	1,52	4,24	11,10	130,03	12,38	3,39	2,13	1,59	1,48	6,80	6,12	5,28	4,03	7,48	4,85	8,92	6,15
Stamm Cambium	0,56	14,43	3,93	1,14	2,99	37,54	3,55	5,22	3,23	3,84	3,58	0,65	0,58	5,32	4,06	9,29	6,03	1,27	0,87
Stamm Rinde	1,93	11,64	3,17	2,68	7,03	103,61	9,82	7,15	4,49	1,41	1,31	5,46	4,91	6,85	5,22	6,21	4,02	9,71	6,69
Knüppelholz Holz	1,88	4,70	1,28	0,31	0,81	10,08	0,95	2,50	1,57	0,53	0,49	1,27	1,14	1,26	0,96	1,66	1,07	0,66	0,45
Knüppelholz Rinde	0,13	2,63	0,71	0,08	0,21	8,52	0,80	1,24	0,78	0,76	0,71	0,26	0,23	1,01	0,77	0,57	0,37	0,04	0,02
Aeste von 3—7 cm D. Holz	6,22	13,81	3,76	2,09	5,48	42,44	4,02	8,88	5,59	2,19	2,01	5,02	4,52	3,73	2,84	3,57	2,31	2,06	1,42
Aeste von 3—7 cm D. Rinde	0,65	9,04	2,41	1,08	2,83	53,77	5,09	3,74	2,35	4,22	3,94	3,36	3,02	4,09	3,12	2,70	1,75	3,05	2,11
Aeste von 1—3 cm D. Holz	5,55	16,31	4,44	0,47	1,23	37,29	3,53	7,78	4,89	0,62	0,58	4,85	4,37	4,26	3,25	3,84	2,49	2,30	1,58
Aeste von 1—3 cm D. Rinde	1,29	18,39	5,01	2,76	7,24	96,47	9,14	7,83	4,92	6,88	6,43	10,49	9,45	10,62	8,09	5,02	3,25	2,34	1,61
Aeste unter 1 cm Holz	1,42	8,53	2,32	0,16	0,42	17,93	1,70	3,56	2,23	1,10	1,02	2,20	1,98	4,12	3,14	2,01	1,29	2,09	1,44
Aeste unter 1 cm Rinde	1,37	27,38	7,64	0,96	2,51	71,76	6,80	10,25	6,44	7,34	6,86	1,26	1,13	10,18	8,54	17,75	11,50	6,49	4,47
Nadeln	2,12	74,21	20,03	3,53	9,26	71,66	6,79	19,48	12,20	11,63	10,99	9,11	8,19	27,93	21,30	15,14	9,83	26,73	18,40
Summa		366,8		38,08		1055,23		159,06		106,62		111,36		131,35		146,12		145,39	

Rostock 1881